

## Ozon Destekli Dezenfeksiyon Sağlayan Endüstriyel Sebze Yıkama Makinası Prototipinin Geliştirilmesi

<sup>1</sup>Murat Hacı, \*<sup>1</sup>Zafer Kahraman, <sup>1</sup>İhsan Arslantekin, <sup>1</sup>Soner Gürcü, <sup>1</sup>Tunahan Çakır  
\*<sup>1</sup>Öztiryakiler Madeni Eşya San. ve Tic. A.Ş, Ar-Ge ve Teknoloji Merkezi, Büyükçekmece, İstanbul, Türkiye

### Özet:

Sebze yıkama makinaları, endüstriyel mutfaklar ve toplu yemek servisi hizmeti veren işletmelerde çok miktarda (yaklaşık 6-15 kg arasında) çeşitli sebze, meyve ve donmuş gıdaların tek seferde yüksek basınçlı su ile yıkanarak temizlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sebze yıkama makinalarında yıkanan çeşitli sebzelerin temizlenmesi yanısıra dezenfeksiyonunun da etkin olarak sağlanmasına yönelik müşteriler tarafından talepler artmaktadır. Bu çalışmada çeşitli sebzelerin (maydanoz, marul, salatalık, domates) yıkanması ve mevcut ürünlerimizden farklı olarak ozonun dezenfeksiyon özelliğinden yararlanarak farklı ozon miktarı ve ozon uygulama sürelerine göre etkin dezenfeksiyon sağlayan yenilikçi bir prototipin bilimsel verilerle elde edilmesi yönünde faaliyetler yürütülmüştür. Endüstriyel mutfak alanında Ar-Ge sistematığına dayalı çalışmalarla ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinin özgün tasarımı ve prototip imalatı ile mevcut ürünlerimizden farklı olarak sebze türüne göre ozon miktarı ve uygulama süresi kontrol edilebilme özellikleri kazandırılmış ve ticarileşebilecek bir prototip geliştirilmiştir.

**Key words:** Endüstriyel sebze yıkama makinası, ozon uygulaması, dezenfeksiyon.

## Development of Commercial Vegetable Washing Machine Prototype Providing Ozone Assisted Disinfection

### Abstract:

Vegetable washing machines are widely used in commercial kitchens and enterprises providing catering services to clean large amounts of (about 6 to 15 kg) various vegetables, fruits and frozen foods in one go by washing them with high pressure water. Customers are increasing their demands for effective disinfection as well as cleaning of various vegetables washed in vegetable washing machines. In this study, activities were carried out to wash various vegetables (parsley, lettuce, cucumber, tomato) and to obtain an innovative prototype with scientific data that provides effective disinfection according to different ozone amount and ozone application times by using the disinfection feature of ozone, unlike our existing products. With the original design and prototype manufacturing of the vegetable washing machine prototype that provides ozone-assisted disinfection with studies based on R&D systematics in the commercial kitchen area, unlike our existing products, the ozone amount and application time can be controlled according to the vegetable type, and a commercialized prototype has been developed.

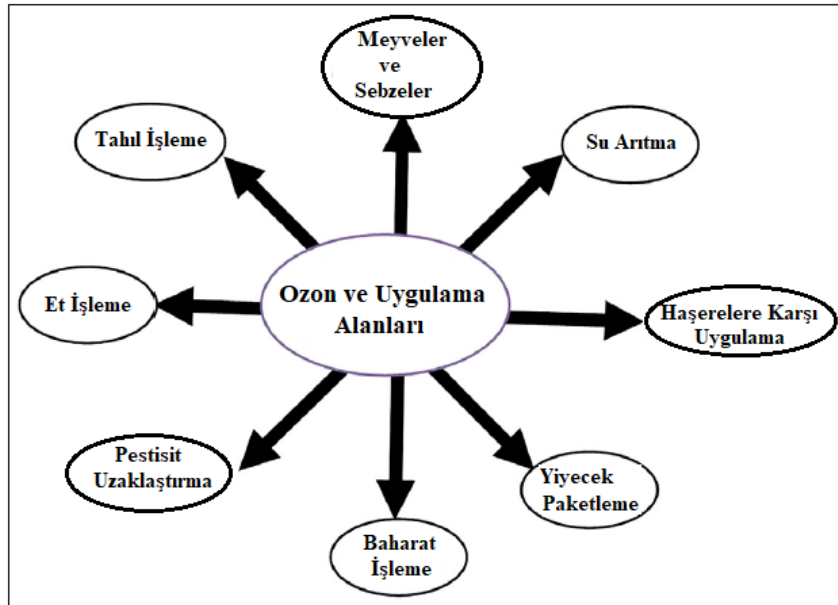
**Key words:** Commercial vegetable washing machine, ozone application, disinfection.

## 1. Giriş

Ozon ( $O_3$ ), yiyecek teknolojileri alanı [1,2] başta olmak üzere yiyeceklerin raf ömrünü artırma [1-5], kirli sularda dezenfeksiyon sağlama [6,7], medikal alanda COVID-19'a karşı duyarlılığına [8,9] yönelik çeşitli çalışmalarda kullanım alanları bulunmaktadır.

Ozonun gıda endüstrisinde kullanımı ile ilgili çalışmalar son yıllarda artarak devam etmektedir [1-5, 10-15]. Ozon uygulamalarına ilişkin literatür araştırmalarından elde edilen çeşitli çalışmalar aşağıda özet olarak verilmiştir.

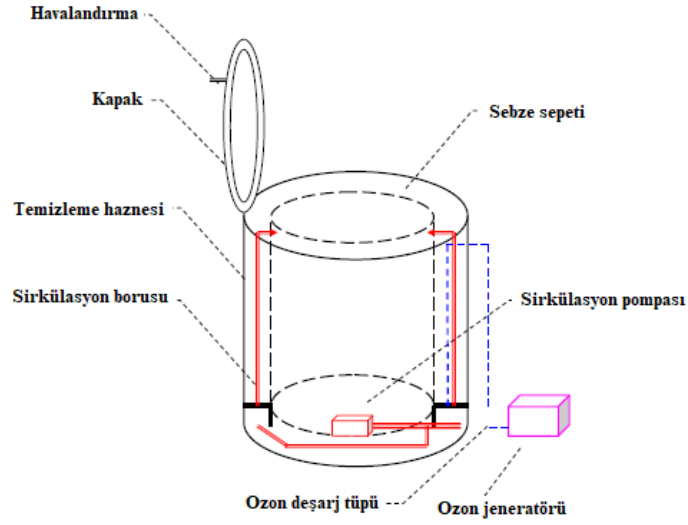
Priyanka ve çalışma grubu tarafından yapılan çalışmada gıda işleme alanında çeşitli ozon uygulamaları Şekil 1'de verilmiştir [2].



Şekil 1. Gıda işlemede ozon uygulama alanları. [2].

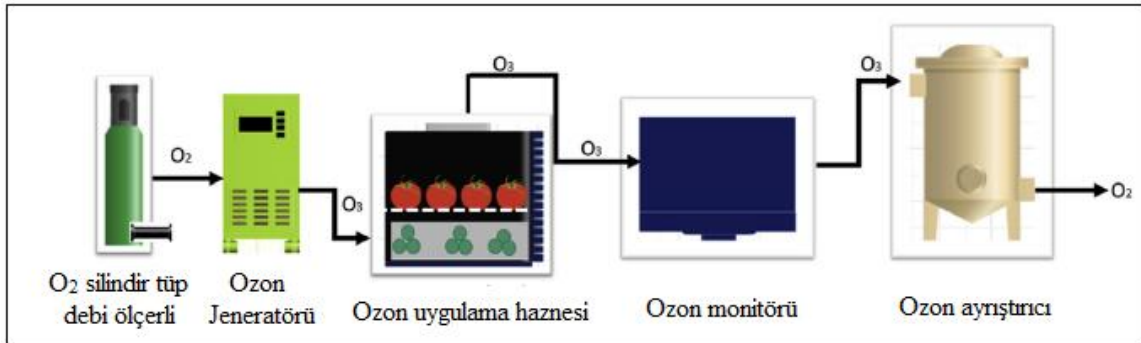
Ushida ve çalışma grubu, taze sebzelerin yıkanmasında yüzey mikroorganizmalarının uzaklaştırılması için kimyasallar kullanıldığını fakat bu kimyasalların insan sağlığına etkisi göz önünde bulundurulması ile kullanılan kimyasal konsantrasyonları en düşük düzeyde olması gerektiğini vurgulamışlardır. Lahananın çok düşük kabarcıklı (ozonca zengin) yıkama sürecinde canlı bakteri sayısı ( $3.7 \log \text{cfu/g}$ ) tek başına sodyum hipoklorite ( $4.6 \log \text{cfu/g}$ ) kıyasla daha az olduğunu belirtmişlerdir [11].

Chen ve çalışma grubu, ozon kullanarak sebzelerden pestisit kalıntılarını gidermek için yeni bir makine geliştirmişlerdir (Şekil 2). Bu ev tipi sebze temizleyici, kapalı bir temizleme odası, bir ozon jeneratörü, su sirkülasyon pompası ve bir oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) elektrotundan oluştuğunu bildirmişlerdir. [12].

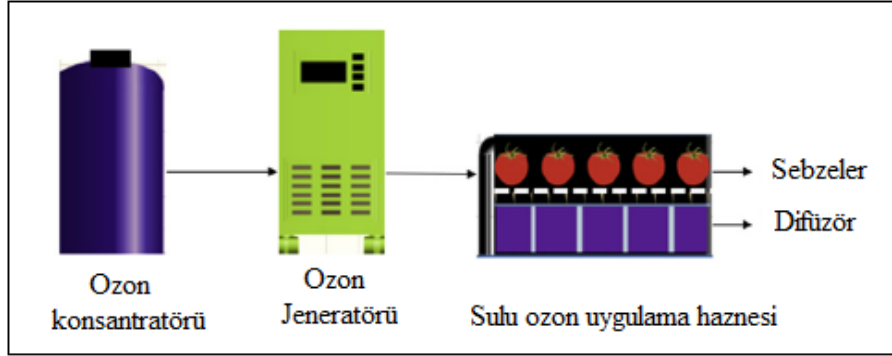


Şekil 2. Pestisit kalıntı temizleme makinesinin deneysel kurulumu gösterimi [12].

Pandiselvam ve çalışma grubu, gıdaların insan tüketimi için güvenli hale getirilmesi yönünde gıdadaki pestisit kalıntılarını ortadan kaldırmak için çeşitli araştırmaların yapıldığını belirtmişlerdir. Tarımsal ürünlerin kimyasallarla yıkanması, soyulması, tuzlanması ve farklı ajanların kullanılması gibi geleneksel tekniklerin etkili bir pestisit giderme yöntemi olmadığını vurgulamışlardır. Ozonun pestisitlerin uzaklaştırılması ve tüketicileri pestisit kalıntılarının gıdaların üzerindeki kötü etkilerinden korumak için potansiyel olarak üstün bir çözüm sağladığını bildirmişlerdir. Ozonun yüksek oksidatif doğası veya ozonlama işlemi sırasında üretilen radikaller, pestisit kalıntılarının moleküler bozulmasına neden olduğunu vurgulamışlardır. Elde edilen veriler, ozonun gıda güvenliğini ve kalitesini iyileştirmede olağanüstü bir yeteneğe sahip olduğunu ve böylece gıda endüstrisinin ilgisini çektiğini belirtmişlerdir. Pestisit bozunmaları için ozon uygulamalarının esas olarak iki farklı yöntem ile gerçekleştiğini, ilk olarak depolanmış tarımsal ürünün bir atmosferinde gaz halindeki ozonun sürekli uygulanmasının yapıldığı sistemi belirtmişlerdir (Şekil 3). İkinci yöntem olarak ürün ozon içeren suya daldırılarak yıkamanın yapıldığı sistem Şekil 4’de gösterilmiştir. Korona deşarjının, ozon üretimi için endüstriyel bir yöntem olduğunu ve bu yöntem ile daha yüksek ozon verimi elde etmek için besleme gazı olarak yüksek saflıkta oksijen (> %90) kullanıldığını bildirmişlerdir [13].

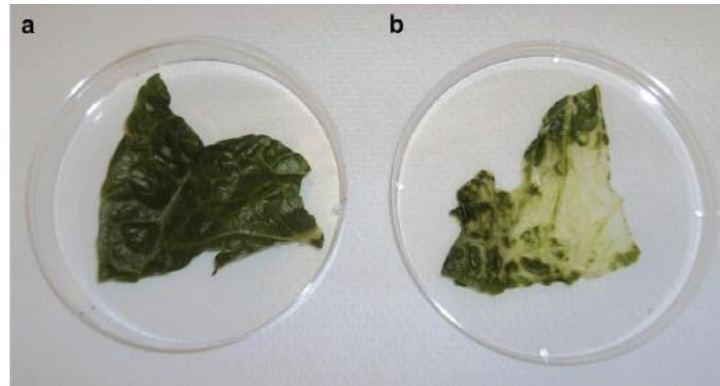


Şekil 3. Meyve ve sebzelerin işlenmesinde kullanılan gazlı ozon deney düzeneği [13].



Şekil 4. Meyve ve sebzeler için sulu ozon uygulama sistemi [13].

Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Canovas tarafından üç farklı sebze (marul, domates ve havuç) ve dört farklı dezenfeksiyon yöntemi (klorlama, sitrik asit, ultraviyole ışık ve ozonlama) ile değerlendirmeler yapmışlardır. E.coli'yi inaktive etmek için klor (50, 100 ve 200 ppm), sitrik asit (%0,5, %1 ve %1,5), ultraviyole ışık (UV-C) (0,65 ve 1,6 mW/cm<sup>2</sup>) ve ozon (5 ppm) uygulamalarını 3 dakikadan 60 dakikaya kadar gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir. Domates gibi sebzelerin pürüzsüz yüzeyi, dezenfektanın bakterilerle doğrudan temasını sağlayan kolay bir ürünü temsil ettiğini bildirmişlerdir. Yüzey gözeneklilik ve pürüzlülük açısından daha karmaşık hale geldiğinde, inaktivasyon daha karmaşık ve azaltılmış görüldüğünü ve ozon uygulamasının marulun yeşilliğini de etkilediğini ve yeni dezenfeksiyon yöntemlerinin konsantrasyon, doz ve işlem sürelerinin sadece mikrobiyal sayımlar için değil aynı zamanda duyu özellikler açısından da değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Şekil 5'te, kontrol numunesi ve 15 dakika sonra ozonla işleme tabi tutulan numune gösterilmektedir [14].



Şekil 5. (a) taze marulun görünüşü (b) 15 dakika ozon (5 ppm) uygulaması ardından maruldaki renk değişimi. [14].

Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Canovas tarafından yapılan araştırmada test edilen üç dezenfeksiyon yönteminin etkinliğinin, ajanın dozundan, maruz kalma süresinden ve gıda ürününün yüzeyinden etkilendiği gösterilmiştir. Domates gibi sebzelerin pürüzsüz yüzeyi, dezenfektanın bakterilerle doğrudan temasını sağlayan kolay bir ürünü temsil ettiğini ve yüzey gözeneklilik ve pürüzlülük açısından daha karmaşık hale geldiğinde ise inaktivasyonun daha karmaşık ve azaltılmış olarak görüldüğünü belirtmişlerdir [14].

## 2. Malzeme ve Metot

Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinde yıkama haznesinin ozon ile teması karşısında endüstriyel mutfak alanında yaygın kullanılan AISI 304 kalite paslanmaz krom nikel çelikten daha yüksek korozyon dayanım için AISI 316 paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. AISI 316 paslanmaz çelik malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** AISI 316 kalite paslanmaz çelik levha kimyasal bileşimi (%)

Elementler	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
Kimyasal bileşim (%)	0.022	0.54	1.77	0.031	0.007	17	10.01	2.12	0.044

Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinin görseli Şekil 6.’da verilmiştir. Ozon üreticisi olarak ozon jeneratörü kullanılmıştır ve ozon ölçüm sistemi ile ppm olarak ozon miktarı ölçümleri yapılmıştır (Şekil 7).



**Şekil 6.** Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinin görseli.

Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde ozon uygulamalarına ilişkin test verileri Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde ozon uygulama test verileri.

Numune Numarası	Ozon Uygulama Miktarı (ppm)	Süre (dk)	Ozon Uygulaması Yapılan Sebzeler
1	0.15	3	Maydanoz, marul, salatalık, domates
2	0.3	3	Maydanoz, marul, salatalık, domates
3	0.3	10	Maydanoz, marul, salatalık, domates
4	0.6	3	Maydanoz, marul, salatalık, domates
5	0.6	10	Maydanoz, marul, salatalık, domates
6	0.15	10	Maydanoz, marul, salatalık, domates
7			Yıkama yapılmayan sebzeler

Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde ozon miktarı ölçüm sisteminin görünümü Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Ozon miktarı ölçüm sisteminin görünümü.

Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde ozon uygulamaları yapılan sebzeler (maydonaz, marul, salatalık ve domates) Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde ozon uygulamaları yapılan sebzeler.

Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde ozon uygulamaları yapılan tüm sebzeler mikrobiyal analizlerin yapılması için streil poşetler içine yerleştirilmiştir (Şekil 8).

#### 4. Tartışma

Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinde farklı koşullarda yıkanan marul, domates, maydonoz ve salatalık ürünlerinde toplam bakteri ve koliform grubu bakteri sayımı yapılmıştır. Sebzeler için çeşitli ozon uygulamalarından elde edilen mikrobiyal veriler Tablo 3.-Tablo 6.’da verilmiştir.

**Tablo 3.** Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde marul için ozon uygulamaları.

MARUL Ozon Uygulaması	Toplam Bakteri		Toplam Koliform Grubu	
	Ortalama (log)	Standart Sapma	Ortalama (log)	Standart Sapma
Yıkanmamış	5.71	0.48	5.73	0.11
0.15 ppm 3 dk	5.64	0.14	5.18	0.14
0.30 ppm 3 dk	5.23	0.03	4.79	0.14
0.60 ppm 3 dk	4.08	0.07	3.78	0.08
0.15 ppm 10 dk	3.89	0.16	2.89	0.16

**Tablo 4.** Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde domates için ozon uygulamaları.

DOMATES Ozon Uygulaması	Toplam Bakteri		Toplam Koliform Grubu	
	Ortalama (log)	Standart Sapma	Ortalama (log)	Standart Sapma
Yıkanmamış	6.02	0.03	0.00	0.00
0.15 ppm 3 dk	5.66	0.58	0.00	0.00
0.30 ppm 3 dk	4.41	0.46	0.00	0.00
0.60 ppm 3 dk	4.10	0.26	0.00	0.00
0.15 ppm 10 dk	4.23	0.45	0.00	0.00

**Tablo 5.** Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde maydanoz için ozon uygulamaları.

MAYDANOZ Ozon Uygulaması	Toplam Bakteri		Toplam Koliform Grubu	
	Ortalama (log)	Standart Sapma	Ortalama (log)	Standart Sapma
Yıkanmamış	7.49	0.24	7.46	0.61
0.60 ppm 3 dk	5.82	0.11	4.59	0.05

**Tablo 6.** Dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinde salatalık için ozon uygulamaları.

SALATALIK Ozon Uygulaması	Toplam Bakteri		Toplam Koliform Grubu	
	Ortalama (log)	Standart Sapma	Ortalama (log)	Standart Sapma
0.60 ppm 3 dk	4.46	0.41	0.00	0.00

Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinde marul, domates, maydanoz ve salatalık numunelerine ait mikrobiyal analizler üçlü tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Mikrobiyal inaktivasyonda ozonlama işleminin süresi ozon miktarına oranla bakteri sayılarının azaltılmasında daha önemli etki göstermiştir. Özellikle marul gibi yüzeyine erişimin zor olduğu ürünlerde ozonlama süresi domates gibi pürüzsüz yüzeye sahip bir ürüne kıyasla mikrobiyal inaktivasyonda çok önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Marul örneklerinde 0.15 ppm 10 dakika ozon uygulaması, 0.60 ppm 3 dakika ozon uygulamasına oranla toplam bakteri sayısında daha etkin azalmaya yol açmıştır (Tablo 3). Aynı şekilde marul örneklerinde koliform bakterilerin inhibisyonu yüksek zaman düşük ozon konsantrasyonunda daha etkin inaktivasyon sağlamıştır.

Ozon ile yıkama işlemi yapılan domates örneklerinde koliform grubu bakteriye rastlanmamıştır (Tablo 4). Domates örneklerinde toplam bakteri sayısı, 0.60 ppm 3 dakika ozon uygulaması ile en düşük seviyeye inmiştir. 0.15 ppm 10 dakika ozon uygulaması 0.30 ppm 3 dakika ve 0.60 ppm 3 dakika ozon uygulaması arası inaktivasyon sağlamıştır (Tablo 4). Domates örneklerinin yüzeyine

erişimin daha kolay olması yüksek ozon konsantrasyonu ve düşük süre uygulaması ile etkin (yaklaşık 2 log azalma) hijyen sağlamıştır. Marulun yeşil yapraklı bir bitki olması ve ozonun yüzeye erişiminin daha zor olması nedeniyle marul örneklerinde işlem süresi daha etkin rol oynamıştır.

Ülkemizdeki yerli sebze yıkama makinaları genel olarak çeşitli sebze, meyve türüne göre yıkama programı üzerinde seçime bağlı olmadan yalnızca şebeke suyunun devir daimi ile yıkama gerçekleştirmektedir. Ayrıca son yıllarda sadece ozon jeneratörü bağlı olan fakat herhangi bir ozon miktarı kontrol edilmeyen yalnızca ozon uygulama süresini ayarlayan sistemlerin de kullanılmakta olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen yenilikçi prototip, sebze türü ve miktarına göre farklı ozon miktarlarına göre uygulamaları ile dezenfeksiyon sağladığından özgün olarak öne çıkmaktadır.

## **Sonuçlar**

Ar-Ge sistematğine dayalı çalışmalar ile ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipi ile elde edilen kazanımlar aşağıda verilmiştir;

Geliştirilen ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipi ile bu alandaki benzer ürünlerden farklı olarak ozon miktarı ve uygulama süresi bilimsel veriler ile elde edilmiştir. Böylece ozonun kontrol dışı ve fazla miktarda uygulamaları ile oluşabilecek olumsuzlukların da (sağlık, gıda ve malzeme bakımından) önüne geçilmesine katkı sağlanmıştır. Ayrıca hali hazırda piyasada kullanılmakta olan endüstriyel sebze yıkama makinalarımıza da ozon destekli dezenfeksiyon sisteminin uyumlu olması yönünde özgün tasarım faaliyetleri de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, ozon destekli sebze yıkama prototipinde çeşitli sebzelere göre etkin dezenfeksiyon sağlamasına yönelik Ar-Ge faaliyetleri başarı ile yürütülmüştür.

Üç farklı ozon uygulama miktarı (0.15, 0.3 ve 0.6 ppm) ve iki farklı ozon uygulama sürelerine (3 ve 10 dk.) göre çalışması sağlanmakla beraber çeşitli sebzeler için birbirinden farklı olarak en uygun koşullarda etkin çalışma verileri elde edilmiştir.

Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinin endüstriyel mutfak alanına uygun olarak IPX5 koruma sınıfında çalışma uygunluğu sağlanmıştır.

Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan sebze yıkama makinası prototipinde yıkanan çeşitli sebzelerin (maydonaz, marul, salatalık ve domates) etkin dezenfeksiyon koşullarına ulaşılması sağlanmıştır. Dezenfeksiyon koşullarına yönelik test ve analiz verileri (toplam bakteri, koliform vb.) ile değerlendirmeler yapılmıştır.

Yenilikçi prototipin uluslararası standart ve direktiflere (EN 60335-1, 2014/35/EU, 2006/42/EC vb.) uygun olarak elde edilmesi başarılmıştır. Ozon destekli dezenfeksiyon sağlayan endüstriyel sebze yıkama makinası prototipinin özgün tasarım ve prototip imalatı ile mevcut ürünümüzden farklı teknolojik özellikler kazandırılmış ticarileşebilecek bir prototipin geliştirilmesi sağlanmıştır.



## Kaynaklar

- [1] Ramos B, Miller FA, Brandao TRS, Teixeira P, Silva CLM. Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2013;20:1-15.
- [2] Priyanka BS, Rastogi NK, Tiwari BK. Opportunities and Challenges in the Application of Ozone in Food Processing. Sun DW, editor. *Emerging Technologies for Food Processing*, E-Publishing Inc; Second Edition, Chapter 19, 2014, p. 335-358.
- [3] Mustapha AT, Zhou C, Wahia H, Amanor-Atiemoh R, Out P, Qudus A, Fakayode OA, Ma H. Sonozonation: Enhancing the antimicrobial efficiency of aqueous ozone washing techniques on cherry tomato. *Ultrasonics - Sonochemistry* 2020;64:105059.
- [4] Zambre SS, Venkatesh KV, Shah NG. Tomato redness for assessing ozone treatment to extend the shelf life. *Journal of Food Engineering* 2010;96:463–468.
- [5] Pyatkovskyy T, Shynkaryk M, Yousef A, Sastry SK. Fresh produce sanitization by combination of gaseous ozone and liquid sanitizer. *Journal of Food Engineering* 2017;210:19-26.
- [6] Kolosov P, Peyot M-L, Yargeau V. Novel materials for catalytic ozonation of wastewater for disinfection and removal of micropollutants. *Science of the Total Environment* 2018;644:1207-1218.
- [7] Lee OM, Kim HY, Park W, Kim TH, Yu S. A comparative study of disinfection efficiency and regrowth control of microorganism in secondary wastewater effluent using UV, ozone, and ionizing irradiation process. *Journal of Hazardous Materials* 2015;295:201–208.
- [8] Chirumbolo S, Valdenassi L, Simonetti V, Bertossi D, Ricevuti G, Franzini M, Pandolfi S. Insights on the mechanisms of action of ozone in the medical therapy against COVID-19. *International Immunopharmacology* 2021;96:107777.
- [9] Manjunath SN, Sakar M, Katapadi M, Balakrishna RG. Recent case studies on the use of ozone to combat coronavirus: Problems and perspectives. *Environmental Technology & Innovation* 2021;21:101313.
- [10] Ikeura, H, Kobayashi F, Tamaki M. Removal of residual pesticides in vegetables using ozone microbubbles. *Journal of Hazardous Materials* 2011;186:956–959.
- [11] Ushida A, Koyama T, Nakamoto Y, Narumi T, Sato T, Hasegawa T. Antimicrobial effectiveness of ultra-fine ozone-rich bubble mixtures for fresh vegetables using an alternating flow. *Journal of Food Engineering* 2017;206:48-56.
- [12] Chen JY, Lin YJ, Kuo WC. Pesticide residue removal from vegetables by ozonation. *Journal of Food Engineering* 2013;114:404–411.
- [13] Pandiselvam R, Kaavya R, Jayanath Y, Veenuttranon K, Lueprasitsakul P, Divya V, Kothakota A, Ramesh SV. Ozone as a novel emerging technology for the dissipation of pesticide residues in foods—a review. *Trends in Food Science & Technology* 2020;97:38–54.
- [14] Bermudez-Aguirre D, Barbosa-Canovas GV. Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control* 2013;29:82-90.
- [15] Sun Y, Wu Z, Zhang Y, Wang J. Use of aqueous ozone rinsing to improve the disinfection efficacy and shorten the processing time of ultrasound-assisted washing of fresh produce. *Ultrasonics Sonochemistry* 2022;83:105931.