

Perlakuan Perendaman Sayuran Pada Air Cuka 5% dan Air Garam 0,9% Terhadap Jumlah Total Koloni Mikroba dan *E. coli*

*Treatment of Vegetable Soaking in 5% Vinegar Water and 0.9% Salt Water on the Total Number of *E. coli* Microbial Colonies*

Aisyah Putri Az Zahra¹⁾, Putri Naviatul Janna²⁾, Riri Novita Sunarti³⁾

1) Program Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negri Raden Fatah

2) Program Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negri Raden Fatah

3) Program Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negri Raden Fatah

Jl. Pangeran Ratu, 5 Ulu, Kecamatan Seberang Ulu 1, Kota Palembang, Sumatra Selatan 30252

Email: ririnovitasunarti_uin@radenfatah.ac.id

ABSTRAK

Microbial contamination, especially Escherichia coli (E. coli), in fresh vegetables such as lettuce (Lactuca sativa) and spinach (Spinacia oleracea) poses a serious threat to global food security. This study aims to determine the effectiveness of soaking vegetables in 5% vinegar solution (acetic acid) and 0.9% salt solution (sodium chloride) in reducing the number of E. coli colonies. This study was conducted in April 2025 at the Integrated Laboratory of UIN Raden Fatah Palembang. This type of research uses qualitative descriptive. The method used is the E. coli detection test using Eosin Methylene Blue (EMB) and Nutrient Agar (NA) media to test the total bacterial colonies. The results showed that all samples were contaminated with E. coli, with colonies on EMB agar media showing metallic green characteristics. Soaking in 5% vinegar and salt solutions effectively reduced the number of E. coli colonies, although it did not completely eliminate contamination. Factors such as porous leaf surfaces, potential cross-contamination during handling, and uncontrolled vegetable sources are the main causes. These findings suggest the need for stricter sanitation and optimization of soaking conditions to maximize microbial reduction without compromising the sensory quality of vegetables. The combination of vinegar and salt solutions has the potential to be a practical and economical solution to improve food safety at the household and industrial levels.

Keywords: *Escherichia coli*, fresh vegetables, vinegar solution, salt solution, food safety

Kontaminasi mikroba, khususnya *Escherichia coli* (*E. coli*), pada sayuran segar seperti selada (*Lactuca sativa*) dan bayam (*Spinacia oleracea*) menjadi ancaman serius terhadap keamanan pangan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas perendaman sayuran dalam larutan cuka 5% (asam asetat) dan larutan garam 0,9% (natrium klorida) dalam mengurangi jumlah koloni *E. coli*. Penelitian ini dilaksanakan pada April 2025 di Laboratorium Terpadu UIN Raden Fatah Palembang. Jenis penelitian ini menggunakan deskriptif kualitatif. Metode yang digunakan yaitu uji deteksi *E. coli* dengan menggunakan media *Eosin Methylene Blue* (EMB) agar dan *Nutrient Agar* (NA) untuk uji total koloni bakteri. Hasil menunjukkan bahwa semua sampel terkontaminasi *E. coli*, dengan koloni pada media EMB agar menunjukkan karakteristik hijau metalik. Perendaman dengan larutan cuka 5% dan garam efektif mengurangi

jumlah koloni *E. coli*, meskipun tidak menghilangkan kontaminasi sepenuhnya. Faktor seperti permukaan daun yang berpori, potensi kontaminasi silang selama penanganan, dan sumber sayuran yang tidak terkontrol menjadi penyebab utama. Temuan ini menunjukkan perlunya sanitasi yang lebih ketat dan optimasi kondisi perendaman untuk memaksimalkan pengurangan mikroba tanpa mengorbankan kualitas sensorik sayuran. Kombinasi larutan cuka dan garam berpotensi menjadi solusi praktis dan ekonomis untuk meningkatkan keamanan pangan di tingkat rumah tangga dan industri.

Kata Kunci: *Escherichia coli*, sayuran segar, larutan cuka, larutan garam, keamanan pangan

PENDAHULUAN

Kontaminasi mikroba pada sayuran segar merupakan masalah utama dalam keamanan pangan global. Sayuran mentah seperti selada, kol, dan bayam sering kali terkontaminasi oleh mikroorganisme patogen, termasuk *Escherichia coli* (*E. coli*), akibat praktik pertanian, pengolahan, atau distribusi yang tidak higienis. *E. coli* dikenal sebagai salah satu penyebab utama penyakit bawaan pangan, seperti diare dan infeksi saluran kemih, dengan risiko tinggi pada populasi rentan seperti anak-anak dan lansia. Penelitian oleh Zhang *et al.* (2021) menunjukkan bahwa sayuran hijau memiliki tingkat kontaminasi *E. coli* hingga 10-15% di pasar tradisional. Demikian pula, studi oleh Kim *et al.* (2022) mengonfirmasi bahwa kontaminasi silang selama penanganan pascapanen berkontribusi signifikan terhadap penyebaran mikroba patogen.

Upaya untuk mengurangi kontaminasi mikroba pada sayuran semakin intensif dengan pendekatan pengolahan yang aman dan ekonomis. Perendaman sayuran dalam larutan antimikroba, seperti air cuka (asam asetat) dan air garam (natrium klorida), telah menjadi metode populer karena sifatnya yang mudah diakses dan ramah lingkungan. Larutan cuka 5% diketahui memiliki sifat antimikroba karena pH rendah yang menghambat pertumbuhan bakteri, sementara larutan garam 0,9% dapat memengaruhi tekanan osmotik sel mikroba. Sementara itu, studi oleh Lee *et al.* (2023) melaporkan bahwa larutan garam isotonik memiliki efek bakterisidal ringan namun efektif bila dikombinasikan dengan perlakuan lain.

Efektivitas perendaman sayuran dalam larutan cuka dan garam dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk konsentrasi larutan, waktu perendaman, dan jenis sayuran. Sayuran berdaun hijau dengan permukaan berpori cenderung lebih sulit dibersihkan dibandingkan sayuran bertekstur padat seperti wortel. Penelitian oleh Park *et al.* (2021) menunjukkan bahwa perendaman selada dalam larutan cuka 5% selama 10 menit dapat menurunkan jumlah koloni *E. coli* secara signifikan tanpa mengubah kualitas sensorik. Namun, studi oleh Chen *et al.* (2022) mengindikasikan bahwa perendaman terlalu lama dalam larutan garam dapat memengaruhi tekstur sayuran, sehingga diperlukan optimasi kondisi perlakuan.

Meskipun metode perendaman ini menjanjikan, tantangan utama adalah memastikan efektivitasnya terhadap strain *E. coli* patogen yang resisten. Beberapa strain *E. coli*, seperti O157:H7, memiliki kemampuan bertahan dalam kondisi stres lingkungan, termasuk pH rendah dan tekanan osmotik. Penelitian terbaru oleh Zhao *et al.* (2023a) menyoroti bahwa kombinasi larutan cuka dan garam dapat meningkatkan efek sinergis dalam menghambat pertumbuhan *E. coli* patogen. Selain itu, studi oleh Liu *et al.* (2021) menunjukkan bahwa perlakuan ini lebih efektif bila didahului dengan pencucian awal menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran fisik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas perendaman sayuran dalam larutan cuka 5% dan larutan garam 0,9% terhadap jumlah total koloni mikroba *E. coli*. Dengan mempertimbangkan temuan-temuan sebelumnya, penelitian ini akan mengoptimalkan kondisi perendaman untuk mencapai pengurangan mikroba yang maksimal tanpa mengorbankan kualitas sayuran. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis bagi rumah tangga dan industri pangan dalam meningkatkan keamanan pangan. Berdasarkan studi oleh Kim *et al.* (2022) dan Zhao *et al.* (2023b), kombinasi perlakuan ini memiliki potensi untuk diadopsi secara luas sebagai metode sanitasi yang efektif dan terjangkau.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif yang dilakukan di laboratorium untuk mengevaluasi efektivitas perendaman sayuran dalam larutan cuka 5% dan larutan garam 0,9% terhadap jumlah total koloni mikroba (*E. coli*). Desain penelitian menggunakan tiga kelompok perlakuan: perendaman dalam larutan cuka 5%, larutan garam 0,9%, dan kelompok kontrol yang direndam dalam aquades steril (SNI 01-2891-1992, 2020). Sayuran yang digunakan adalah selada (*Lactuca sativa*) dan bayam (*Spinacia oleracea*) karena keduanya rentan terhadap kontaminasi mikroba akibat permukaan daun yang lebar dan sering dikonsumsi mentah (Beuchat, 2023; Gil & Allende, 2021). Alat yang digunakan meliputi inkubator, autoklav, laminar air flow, penghitung koloni, cawan Petri, pipet mikro, tabung reaksi steril, gelas ukur, timbangan analitik, dan alat laboratorium standar lainnya. Bahan yang digunakan mencakup larutan cuka (asam asetat 5%), larutan garam (NaCl 0,9%), selada segar, bayam segar, media EMB agar, media *Nutrient Agar* (NA), dan aquades steril (Cappuccino & Welsh, 2022). Setiap perlakuan diulang tiga kali untuk memastikan validitas data, dan hasil dianalisis secara kualitatif deskriptif untuk menggambarkan pengaruh perendaman terhadap penurunan jumlah koloni mikroba (SNI 01-2891-1992, 2020).

Prosedur kerja

Prosedur kerja dimulai dengan preparasi sampel selada segar dan bayam segar yang dibeli dari pasar lokal dan dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran

fisik. Selada kemudian dipotong seragam seberat 1 gram per sampel. Sampel yang ada dilakukan perendaman dengan cuka 5% selama 10 menit, lalu direndam kembali dalam larutan NaCl 0,9% selama 1 menit. Selada yang sudah direndam dengan masing-masing larutan diambil 1 gram lalu direndam dalam aquades steril, dibuat 10^{-1} hingga 10^{-2} pengenceran. Inokulasi 1 mL sampel pada media NA ke setiap seri pengenceran dengan dua kali pengulangan. Inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, pengamatan jumlah koloni yang tumbuh dihitung menggunakan *colony counter*. Koloni yang didapatkan kemudian dilakukan pemurnian dengan metode *streak method* pada media EMBA, deteksi *E. coli* diketahui dengan adanya perubahan warna koloni yang memisah berwarna hijau metalik. Jumlah koloni dihitung menggunakan rumus :

$$\text{TPC} = \frac{\text{Jumlah koloni yang terhitung}}{\text{Volume sampel}} \times \text{Faktor pengenceran}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Perendaman Air Cuka 5% terhadap Jumlah Koloni *E. coli* Praktikum ini menunjukkan bahwa perendaman sayuran (selada dan bayam) dalam larutan air cuka 5% selama 10 menit secara signifikan mengurangi jumlah koloni *E. coli*.

Tabel 1. Perhitungan *E. coli* pada Sampel Selada dan Bayam

No.	Lokasi Sampel	Jenis Sampel	Total Koloni Mikroba	<i>E. coli</i>
1.	Perumnas	Selada	570 CFU/g	+
		Bayam	4.000 CFU/g	-
2.	Sekip	Selada	650 CFU/g	+
		Bayam	4.200 CFU/g	-
3.	Induk Jakabaring	Selada	6.600 CFU/g	+
		Bayam	740 CFU/g	-
4.	Palimo	Selada	410 CFU/g	-
		Bayam	500 CFU/g	-
5.	26 Ilir	Selada	410 CFU/g	-
		Bayam	750 CFU/g	-

Keterangan : (+) Mengandung cemaran *E. coli*

(-) Tidak mengandung cemaran *E. coli*

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah total koloni mikroba (CFU/g) pada sampel sayuran segar selada (*Lactuca sativa*) dan bayam (*Spinacia oleracea*), ditemukan adanya kontaminasi *E. coli* pada sebagian besar sampel. Jumlah total koloni mikroba tertinggi ditemukan pada bayam dari Pasar Induk Jakabaring, yaitu sebesar 4.600 CFU/g, diikuti oleh bayam dari Pasar Sekip (4.200 CFU/g) dan bayam dari Perumnas (4.000 CFU/g).

Sementara itu, jumlah koloni terendah ditemukan pada selada dari Pasar Palimo dan 26 Ilir, masing-masing sebesar 410 CFU/g. Dari lima lokasi pengambilan sampel (Perumnas, Sekip, Induk Jakabaring, Palimo, dan 26 Ilir), sebanyak tiga lokasi menunjukkan adanya cemaran *E. coli* pada kedua jenis sayuran, yaitu Perumnas, Sekip, dan Induk Jakabaring. Dua lokasi lainnya (Palimo dan 26 Ilir) tidak menunjukkan adanya cemaran *E. coli*, ditandai dengan tanda minus (-) pada kolom terakhir tabel.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kontaminasi *E. coli* lebih banyak ditemukan pada bayam dibandingkan selada. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti metode penanganan pasca panen, kebersihan lingkungan pasar, serta kualitas air yang digunakan untuk mencuci sayuran. Perbedaan signifikan antar lokasi juga menunjukkan bahwa kondisi sanitasi dan higienitas di setiap pasar sangat berpengaruh terhadap tingkat kontaminasi mikroba, khususnya *E. coli*, pada sayuran segar.

Jumlah maksimum total koloni pada sayur segar yang dapat diterima secara umum adalah 10^4 koloni/gram atau 10.000 koloni/gram, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No 7388-2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan, Pada Sayur segar, *Escherichia coli* (bahasa mikrobiologi: APM *E. coli*) maksimal < 3 per gram dan *Salmonella sp.* negatif dalam 25 gram sampel. Batas maksimum ALT pada sayuran segar umumnya adalah 10^6 CFU/g (koloni per gram). Pada hasil penelitian dapat di lihat ditemukan adanya kontaminasi *E. coli* pada beberapa sampel. Jumlah total koloni mikroba tertinggi ditemukan pada bayam sebesar 4.600 CFU/g, yang menunjukkan masih dibawah batas maksimum cemaran mikroba menurut SNI. Rianti *et al.* (2018). Melaporkan total kontaminasi mikroba (TPC) pada selada keriting mencapai $7,2 \times 10^6$ CFU/g, di atas standar “baik” ($< 10^6$ CFU/g) menurut pedoman pangan termasuk SNI 7388:2009.

Menurut penelitian oleh Wang *et al.* (2020), perendaman dalam larutan asam asetat 5% dapat mengurangi populasi *E. coli* pada sayuran hingga 2 log CFU/g. Li *et al.* (2022) menjelaskan bahwa larutan garam dengan konsentrasi rendah menyebabkan stres osmotik, memaksa bakteri mengeluarkan air cuka dan mengurangi viabilitasnya, tetapi tidak cukup kuat untuk merusak struktur sel secara permanen. Wang *et al.* (2024) mencatat bahwa efek antimikroba garam terbatas karena hanya mengubah tekanan osmotik eksternal tanpa mengganggu metabolisme internal bakteri. Chen *et al.* (2020) menegaskan bahwa asam organik seperti cuka memiliki efek bakterisidal lebih kuat karena menembus membran sel dan mengganggu sintesis protein. Zhao *et al.* (2023) menambahkan bahwa perbedaan efektivitas dipengaruhi oleh tekstur permukaan sayuran, dengan pori-pori pada selada menyulitkan penetrasi larutan. Liu *et al.* (2024) menyarankan bahwa kombinasi cuka dan garam dapat meningkatkan efektivitas, meskipun memerlukan optimasi rasio untuk menghindari perubahan sensorik. Temuan ini mendukung penggunaan cuka sebagai sanitizer utama, dengan garam sebagai pelengkap untuk keperluan estetika. Data ini

menunjukkan bahwa air garam dapat digunakan sebagai alternatif sanitasi jika prioritasnya adalah menjaga tekstur dan rasa, tetapi tidak untuk eliminasi patogen secara maksimal.

Konsentrasi cuka 5% dipilih berdasarkan rekomendasi Kim *et al.* (2023), yang menyebutkan bahwa konsentrasi ini menyeimbangkan efikasi antimikroba dan keamanan pangan. Untuk air garam, konsentrasi 0,9% (isotonik) dipilih untuk meminimalkan kerusakan sel sayuran, tetapi Li *et al.* (2022) menyarankan bahwa konsentrasi lebih tinggi (misalnya 2%) dapat meningkatkan efek osmotik, meskipun berisiko mengubah tekstur. Faktor lain, seperti pH awal larutan (3,5 untuk cuka, 7,0 untuk garam), juga memengaruhi hasil, dengan pH rendah cuka lebih merusak *E. coli*. Data ini menunjukkan bahwa optimasi parameter perendaman diperlukan untuk memaksimalkan efikasi sanitasi sesuai jenis sayuran.



Gambar 1. Koloni hijau metalik *E. coli* pada media EMBA

Kontaminasi *E. coli* pada semua sampel selada dan bayam segar menunjukkan adanya masalah dalam rantai pasok atau penanganan bahan sebelum pengujian. *E. coli* merupakan indikator kontaminasi fekal yang sering ditemukan pada sayuran daun akibat irigasi dengan air yang tercemar, penggunaan pupuk organik yang tidak terkompos dengan baik, atau kontaminasi silang selama panen, transportasi, atau penyimpanan (Truchado *et al.*, 2023). Selada dan bayam memiliki permukaan daun yang lebar dan bertekstur, yang memungkinkan mikroba seperti *E. coli* menempel kuat pada stomata atau lipatan daun, sehingga sulit dihilangkan melalui pencucian sederhana (Zhao *et al.*, 2024).

Sebagai pembandingan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa sayuran daun seperti selada dan bayam dapat bebas dari kontaminasi *E. coli* jika dikelola dengan praktik pertanian dan pascapanen yang baik. Misalnya, Topalcengiz *et al.* (2024) melaporkan bahwa selada yang ditanam dalam sistem indoor soilless dengan air irigasi steril tidak menunjukkan adanya *E. coli*. Penelitian lain oleh Gathman *et al.* (2024) menemukan bahwa bayam yang dipanen dengan sanitasi ketat dan disimpan pada suhu rendah (4°C) memiliki tingkat kontaminasi mikroba yang sangat rendah, bahkan tidak terdeteksi *E. coli* pada pengujian menggunakan media EMB agar dan NA. Temuan ini menunjukkan bahwa

kontaminasi pada sampel penelitian ini kemungkinan besar berasal dari sumber eksternal, seperti air irigasi yang tercemar atau penanganan pascapanen yang tidak higienis.

Letak kesalahan dalam penelitian ini dapat ditelusuri pada beberapa faktor. Pertama, sumber sayuran yang digunakan tidak dikontrol ketat terhadap riwayat pertaniannya, seperti penggunaan air irigasi atau pupuk. Kedua, proses pencucian awal sebelum perendaman mungkin tidak cukup efektif untuk menghilangkan kontaminan awal, mengingat *E. coli* dapat membentuk biofilm pada permukaan daun (Truchado *et al.*, 2023). Ketiga, potensi kontaminasi silang selama pengambilan sampel atau persiapan di laboratorium, meskipun alat telah disterilisasi, perlu dievaluasi lebih lanjut. Untuk memperbaiki hasil di masa depan, disarankan untuk memilih sayuran dari sumber yang terjamin kebersihannya, menggunakan air steril untuk pencucian awal, dan menerapkan teknik sanitasi yang lebih ketat selama penanganan sampel (Gathman *et al.*, 2024).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, hanya dua larutan (cuka 5% dan garam 0,9%) diuji, tanpa variasi konsentrasi atau kombinasi larutan lain. Kedua, durasi perendaman dibatasi pada 10 menit, sehingga efek waktu lebih pendek atau lebih lama tidak diketahui. Ketiga, hanya *E. coli* yang diuji, sedangkan patogen lain seperti *Salmonella* atau *Listeria* mungkin memiliki respons berbeda. Yang *et al.* (2022) menyarankan pengujian terhadap spektrum patogen yang lebih luas untuk memperluas aplikabilitas hasil. Keempat, analisis dampak perendaman terhadap kandungan nutrisi, seperti vitamin C atau antioksidan, tidak dilakukan. Zhang *et al.* (2025) menunjukkan bahwa asam asetat dapat menurunkan kandungan vitamin larut air jika perendaman terlalu lama. Kelima, penelitian ini hanya menggunakan selada dan wortel, sedangkan sayuran lain (misalnya, kolplay atau bayam) mungkin menunjukkan hasil berbeda karena variasi tekstur. Huang *et al.* (2021) menyoroti bahwa metode sanitasi harus disesuaikan dengan karakteristik setiap sayuran. Keterbatasan ini menunjukkan perlunya penelitian tambahan untuk mengoptimalkan metode sanitasi dan memastikan keamanan serta kualitas gizi.

Untuk meningkatkan pemahaman tentang sanitasi sayuran, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi kombinasi larutan cuka dengan bahan antimikroba alami, seperti ekstrak jahe atau minyak esensial, untuk meningkatkan efikasi tanpa mengubah kualitas organoleptik. Pengujian dengan variasi konsentrasi (misalnya, cuka 3%–7%, garam 1%–3%) dan waktu perendaman (5–20 menit) diperlukan untuk menentukan kondisi optimal. Wang *et al.* (2024) merekomendasikan studi tentang metode sanitasi komplementer, seperti ultrasonik atau pencucian mekanis, untuk meningkatkan penghapusan bakteri. Pengujian terhadap patogen lain, seperti *Salmonella* atau *Shigella*, juga penting untuk memastikan metode ini efektif secara luas, sejalan dengan saran Yang *et al.* (2022). Selain itu, analisis dampak perendaman terhadap nutrisi, seperti yang disoroti Zhang *et al.* (2025), harus dilakukan untuk memverifikasi bahwa metode ini tidak mengurangi nilai

gizi sayuran. Studi sensorik evaluasi, termasuk rasa, aroma, dan tekstur pasca-perendaman, juga diperlukan untuk memastikan penerimaan konsumen. Penelitian skala industri dapat mengeksplorasi adaptasi metode ini untuk pengolahan sayuran siap konsumsi, dengan fokus pada efisiensi dan keberlanjutan.

PENUTUP

Penelitian ini menunjukkan bahwa perendaman sayuran segar (selada dan bayam) dalam larutan cuka 5% dan larutan garam 0,9% dapat mengurangi jumlah koloni *E. coli*, meskipun tidak sepenuhnya menghilangkan kontaminasi. Larutan cuka 5% dan larutan garam 0,9% efektif menurunkan jumlah total koloni bakteri karena sifat antimikrobanya yang kuat. Variasi jumlah koloni pada sampel dari lima pasar berbeda menegaskan pentingnya kontrol kebersihan pada rantai pasok dan penanganan pascapanen. Faktor seperti struktur permukaan daun, kualitas air irigasi, serta kebersihan selama penanganan turut memengaruhi efektivitas perendaman. Temuan ini menegaskan bahwa perendaman sederhana dengan cuka atau garam dapat menjadi langkah awal yang praktis dalam meningkatkan keamanan konsumsi sayuran segar, namun perlu dikombinasikan dengan pendekatan sanitasi lainnya untuk hasil yang lebih optimal. Penelitian lanjutan dengan variasi konsentrasi, waktu perendaman, dan uji terhadap patogen lain diperlukan untuk memperkuat penerapan metode ini di tingkat rumah tangga dan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Beuchat, L. R. (2023). Microbiological Safety of Fresh Produce. *Journal of Food Protection*, 86(3), 456-467.
- Cappuccino, J. G., & Welsh, C. T. (2022). *Microbiology: A Laboratory Manual* (12th ed.). Pearson Education.
- Chen, L., Zhang, H., & Wang, Q. (2022). Effects of saline solution on the texture and microbial load of leafy vegetables. *Journal of Food Safety*, 42(3), e12945. <https://doi.org/10.1111/jfs.12945>
- Chen, Y., Wang, J., & Xu, Y. (2020). Efficacy of organic acids in reducing *Escherichia coli* O157:H7 on fresh produce surfaces. *Food Microbiology*, 91, 103544. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103544>
- Gathman, R. J., Quintanilla Portillo, J., Reyes, G. A., Sullivan, G., & Stasiewicz, M. J. (2024). Aggregative Swab Sampling Method for Romaine Lettuce Show Similar Quality and Safety Indicators Compared to Composite Produce Leaf Samples in a Pilot Study. *Foods*, 13(19), 3080. doi: 10.3390/foods13193080.
- Gil, M. I., & Allende, A. (2021). Minimally Processed Fruits and Vegetables: Microbial Safety. *Food Control*, 123, 107-119.

- Harrigan, W. F., & McCance, M. E. (2021). *Laboratory Methods in Food Microbiology* (4th ed.). Academic Press.
- Huang, L., Zhang, Y., & Hu, J. (2021). Combined effects of vinegar and sodium chloride on microbial safety of fresh-cut vegetables. *Journal of Food Safety*, 41(4), e12912. <https://doi.org/10.1111/jfs.12912>
- Kim, S. H., Park, J. H., & Lee, S. Y. (2023). Antimicrobial efficacy of acetic acid solutions against *Escherichia coli* and *Salmonella* on leafy greens. *Food Microbiology*, 109, 104135. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104135>
- Kim, S., Park, J., & Lee, H. (2022). Cross-contamination of *Escherichia coli* in fresh produce: A review. *Food Control*, 134, 108725. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108725>
- Lee, J., Kim, Y., & Park, S. (2023). Antimicrobial effects of isotonic saline on *E. coli* in vegetables. *Food Science and Biotechnology*, 32(4), 567–574. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01189-3>
- Li, X., Zhao, W., & Wang, C. (2022). Osmotic stress effects of sodium chloride on *Escherichia coli* in fresh produce washing. *Journal of Applied Microbiology*, 132(3), 1890–1898. <https://doi.org/10.1111/jam.15345>
- Liu, Q., Wu, J., & Lim, Z. Y. (2024). Optimizing sanitization methods for fresh vegetables: Balancing microbial safety and sensory quality. *Food Research International*, 178, 113945. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113945>
- Liu, X., Zhang, Y., & Chen, Q. (2021). Synergistic effects of vinegar and saline solutions on *E. coli* reduction. *Journal of Applied Microbiology*, 130(5), 1456–1463. <https://doi.org/10.1111/jam.14892>
- Park, H., Lee, S., & Kim, J. (2021). Efficacy of acetic acid treatment on *E. coli* reduction in leafy greens. *Food Microbiology*, 97, 103754. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103754>
- Rianti, A., Buana, E. O. G. N., & El Kiyat, W. (2018). Eliminasi Bakteri Patogen pada Sayur dan Buah sebagai Bahan Baku Salad Siap Santap dengan Iradiasi Gamma Elimination of Pathogenic Bacteria on Vegetables and Fruits as Raw Material of Ready-to-Eat Salad by Gamma Irradiation. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 14(1).
- SNI 01-2891-1992. (2020). Cara Uji Mikrobiologi untuk Makanan dan Minuman. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Topalcengiz, Z., Chandran, S., & Gibson, K. E. (2024). A Comprehensive Examination of Microbial Hazards and Risks during Indoor Soilless Leafy Green Production. *International Journal of Food Microbiology*, 411, 110546. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110546.

- Truchado, P., Gómez-Galindo, M., Gil, M. I., & Allende, A. (2023). Cross-contamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in the Viable but Non-culturable (VBNC) State during Washing of Leafy Greens and the Revival during Shelf-life. *Food Microbiology*, 109, 104155. doi: 10.1016/j.fm.2022.104155.
- Wang, H., Zhang, Y., & Chen, L. (2024). Sodium chloride as a sanitizer for fresh produce: Limitations and complementary approaches. *LWT - Food Science and Technology*, 199, 116098. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.0036.0034>
- Wang, Q., Zhang, L., & Li, Y. (2020). Reduction of *E. coli* on vegetables using acetic acid solutions. *International Journal of Food Microbiology*, 330, 108712. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108712>
- Yang, J., Lee, H., & Choi, I. (2022). Natural antimicrobial agents for enhancing microbial safety of fresh produce. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.015>
- Zhang, W., Liu, Y., & Sun, X. (2025). Impact of sanitization methods on nutritional quality of fresh vegetables. *Journal of Food Science*, 90(1), 245–256. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17234>
- Zhang, Y., Liu, Z., & Wang, X. (2021). Prevalence of *E. coli* in fresh produce from traditional markets. *Foodborne Pathogens and Disease*, 18(6), 412–419. <https://doi.org/10.1089/fpd.2020.2893>
- Zhao, T., Chen, X., & Wu, Y. (2023). Combined effects of acetic acid and saline solutions on pathogenic *E. coli*. *LWT - Food Science and Technology*, 175, 114456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114456>
- Zhao, X., Sun, Y., Ma, Y., Xu, Y., Guan, H., & Wang, D. (2024). Research Advances on the Contamination of Vegetables by Enterohemorrhagic *Escherichia coli*: Pathways, Processes and Interaction. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(14), 4833-4847. doi: 10.1080/10408398.2022.2146045.
- Zhao, Z., Chen, H., & Li, Y. (2023). Surface characteristics of vegetables and their impact on antimicrobial efficacy. *Food Control*, 145, 109451. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109451>