

DOI: 10.21009/Bioma18(2).1

Review article

## BAKTERIOFAG DAN APLIKASI DALAM MENGENDALIKAN BAKTERI PATOGEN UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN PANGAN

Affan Gaffar<sup>1,\*</sup>, Elsa Mega Suryani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknologi Pangan, Institut Teknologi dan Kesehatan Aspirasi (ITKA),  
Lombok Timur, Indonesia

<sup>2</sup> Prodi Mikrobiologi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo,  
Indonesia

\* Corresponding author: affangaffar19@gmail.com

---

### ABSTRACT

Food safety and sustainable food production is an essential parts of the sustainable development goals of protecting the health and well-being of humans, animals, and the environment. Foodborne diseases are a significant cause of morbidity and mortality, particularly with the global crisis of antibiotic resistance. Bacteriophages as a biocontrol are a promising alternative for reducing contamination from pathogenic bacteria in food such as *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes*. Bacteriophages are natural predators of bacteria that are harmless to humans and animals and are found in various environments, thus have been recognized as promising antimicrobial agents to help control specific bacterial pathogens in food production. Several bacteriophages have been applied in food to reduce the number of pathogenic bacteria. The results of this application show the efficacy of bacteriophages as biopreservation agents against foodborne pathogenic bacteria.

Keywords: antimicrobial, Bacteriophage, foodborne disease

---

### PENDAHULUAN

Permasalahan global dan regional terkait menurunnya tingkat kesehatan, ekonomi dan sosial yang belum teratasi dengan baik salah satunya adalah penyakit bawaan makanan (*foodborne disease*). Menurut WHO (2015) penyakit bawaan makanan dapat mengakibatkan kasus 420.000 tingkat kematian (Havelaar *et al.*, 2015). Penelitian menunjukkan bahaya penyakit bawaan makanan dapat diakibatkan oleh mikroorganisme (bakteri patogen) (M. Li *et al.*, 2019). dan bahan kimia (Gibb *et al.*, 2019).

Bakteri patogen dapat mengontaminasi makanan saat proses pengolahan makanan, penyimpanan, dan pengemasan (Zhang *et al.*, 2021). Cara untuk meminimalisir bakteri patogen dalam bahan makanan masih menjadi perhatian publik, karena patogen dalam makanan tidak mati secara sempurna yang dibuktikan dengan peningkatan kasus penyakit bawaan makanan, bakteri patogen seperti *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Listeria monocytogenes* (Begum *et al.*, 2020; Le *et al.*, 2021). Permasalahan kontaminasi makanan oleh bakteri umumnya menggunakan antibiotik, akan tetapi penggunaan antibiotik dapat berdampak negatif pada manusia dan menyebabkan resisten terhadap bakteri (Das *et al.*, 2019; Dunne *et al.*, 2022; Yang, Lin, Aljuffali, & Fang, 2017).

Penelitian biologi molekuler dengan menggunakan bakteriofag diketahui menjanjikan dalam aplikasi bioteknologi seperti penggunaan bakteriofag sebagai antimikroba alami dalam makanan

untuk menghambat bakteri patogen (Celia *et al.*, 2008; Tkhilaishvili *et al.*, 2018; Esteves & Scharf, 2022). Ulasan ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai bakteriofag dapat dimanfaatkan sebagai agen antibakteri dari beberapa bakteri patogen pada makanan untuk meningkatkan keamanan pangan.

### **BAKTERIOFAG UNTUK MENGONTROL *Eschericia coli***

Infeksi bawaan makanan terus menjadi masalah kesehatan masyarakat yang utama. Salah satu bakteri patogen bawaan makanan yaitu *Eschericia coli* penghasil toksin Shiga (STEC atau *enterohemorrhagic Eschericia coli*) terutama *Eschericia coli* O157:H7 merupakan salah satu bakteri patogen paling umum dan mematikan yang terkait dengan wabah bawaan makanan di Amerika Utara (Bell *et al.*, 1994; Rangel, Sparling, Crowe, Griffin, & Swerdlow, 2005; Scallan *et al.*, 2011). *Eschericia coli* dapat menyebabkan diare, *colitis hemoragik*, sindrom hemolitik uremik, dan *thrombotic thrombocytopenic purpura* (TTP). *Eschericia coli* O157:H7 menjadi ancaman kesehatan masyarakat yang berkelanjutan karena konsumsinya pada konsentrasi serendah 10–100 sel dapat menyebabkan paparan toksin yang kuat. Penggunaan bakteriofag litik efektif mengurangi jumlah bakteri *Eschericia coli* O157:H7 pada daging sapi sebesar 94% dan daun selada sebesar 87% (Carter *et al.*, 2012). Selain itu bakteriofag juga dapat menurunkan jumlah *Eschericia coli* O157:H7 pada mentimun segar sebesar 1,97-2,01 log CFU/g pada suhu 25 °C dan 1,16-2,01 log CFU/g pada suhu 4 °C selama 24 jam (Mangieri, Picozzi, Cocuzzi, & Foschino, 2020). Bakteriofag juga diterapkan pada permukaan daging untuk menghindari perkembangan patogen. Campuran tiga fag berbeda diaplikasikan pada daging sapi yang terkontaminasi dengan  $10^3$  CFU  $g^{-1}$  *Eschericia coli* O157:H7. Pada sebagian besar sampel, tidak ada sel hidup yang dapat diperoleh kembali setelah disimpan pada suhu 37 °C (O'Flynn, Ross, Fitzgerald, & Coffey, 2004).

### **BAKTERIOFAG UNTUK MENGONTROL *Bacillus cereus***

*Bacillus cereus* adalah mikroorganisme patogen oportunistik pembentuk endospora yang dapat menyebabkan penyakit diare dan muntah (Schoeni & Lee Wong, 2005). *Bacillus cereus* mampu membentuk endospora dan tumbuh pada kisaran suhu yang luas (5–55 °C), *Bacillus cereus* tersebar secara luas di berbagai lingkungan dan umumnya ditemukan dalam makanan dan bahan tambahan makanan (King, Whyte, & Hudson, 2007). Tingkat kontaminasi *B. cereus* biasanya  $10^4$  –  $10^9$  CFU/gr (Guinebretière, Broussolle, & Nguyen-The, 2002).

*Bacillus Cereus* dalam makanan fermentasi Korea dapat dikendalikan menggunakan bakteriofag JBP901. Bakteriofag JBP901 juga diisolasi dari cheonggukjang yang merupakan produk fermentasi dari kedelai (Shin, Bandara, Shin, Ryu, & Kim, 2011). Lee dan rekan kerjanya mengisolasi dan mengkarakterisasi dua bakteriofag yaitu bakteriofag FWLBc1 dan bakteriofag FWLBc2, yang mampu mengurangi konsentrasi *Bacillus cereus* dalam kentang sebesar  $>6$  log CFU  $ml^{-1}$  selama 24 jam pada suhu ruang. Karena kedua bakteriofag ini memiliki kisaran inang yang relatif sempit (beberapa strain *Bacillus cereus*), mereka diusulkan untuk digunakan sebagai bagian dari "koktail bakteriofag" (Lee, Billington, Hudson, & Heinemann, 2011).

### **BAKTERIOFAG UNTUK MENGONTROL *Salmonella***

*Salmonella* diakui sebagai patogen bawaan makanan yang tersebar luas, lebih dari 2600 serotipe *Salmonella* telah diisolasi hingga saat ini (Kurtz, Goggins, & McLachlan, 2017). Diperkirakan *Salmonella* menyebabkan 115 juta infeksi pada manusia dan 370 ribu kematian setiap tahunnya (Seif *et al.*, 2018). *Salmonella* dianggap sebagai patogen bawaan makanan dengan

kematian tertinggi di Amerika dan patogen zoonosis terbesar kedua di Uni Eropa (EFSA & ECDC, 2018).

Bakteriofag dapat menekan pertumbuhan *Salmonella* di berbagai jenis makanan. Bakteriofag LPSE1 setelah diinkubasi pada suhu 28 °C dapat mengurangi jumlah *Salmonella* pada susu sebanyak 1,44 log CFU/mL dan 2,37 log CFU/mL. Selain itu LPSE1 dapat menurunkan jumlah *Salmonella* pada sosis sebanyak 0,52 log CFU/mL dan pada daun selada sebanyak 2,02 log CFU/mL, 1,71 log CFU/mL, dan 1,45 log CFU/mL. (Huang *et al.*, 2018). Bakteriofag D1-2 dapat secara efektif menghambat pertumbuhan *Salmonella* yang resistan terhadap berbagai obat pada suhu 4 °C dan 25 °C dalam putih telur dan kuning telur (Z. Li *et al.*, 2020). Bakteriofag PSDA-2 menunjukkan bahwa bakteriofag tersebut berpotensi menjadi agen untuk mengendalikan *Salmonella*. Bakteriofag PSDA-2 pada suhu 4 °C dapat mengurangi jumlah *Salmonella* sebesar 1,7 log CFU/mL dan 2,1 log CFU/mL pada multiplisitas infeksi (MOI) masing-masing 100 dan 10.000 (Sun, Mandla, Wen, Ma, & Chen, 2022).

### **BAKTERIOFAG UNTUK MENGONTROL *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* umumnya ditemukan di berbagai makanan termasuk irisan daging, salad, kue kering, susu yang tidak dipasteurisasi, dan produk keju. *Staphylococcus aureus* merupakan salah satu bakteri patogen yang dianggap sebagai ancaman utama bagi keamanan pangan. Bakteri ini menghasilkan enterotoksin tahan panas yang menyebabkan keracunan makanan seperti mual, muntah, kram perut, dan diare (Kadariya, Smith, & Thapaliya, 2014). Selain itu, munculnya *multidrug-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) menunjukkan bahwa agen biokontrol alternatif perlu dikembangkan untuk menggantikan penggunaan antibiotik untuk pengobatan *Staphylococcus aureus* (O'Flynn *et al.*, 2004). Keberadaan bakteriofag yang diaplikasikan pada keju dapat mengurangi jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* sebanyak 3,83 log CFU/g (Bueno, García, Martínez, & Rodríguez, 2012). Bakteriofag yang ditambahkan ke dalam susu, mampu menurunkan dengan cepat jumlah *Staphylococcus aureus* selama pembuatan dadih. Pada dadih asam, patogen tidak terdeteksi setelah diinkubasi 4 jam pada suhu 25 °C, sedangkan setelah diinkubasi 1 jam pada suhu 30 °C mampu menurunkan jumlah *Staphylococcus aureus* yang ditandai dengan plaque yang terbentuk lebih bersih (García, Madera, Martínez, & Rodríguez, 2007).

### **BAKTERIOFAG UNTUK MENGONTROL *Listeria monocytogenes***

*Listeria monocytogenes* merupakan bakteri patogen bawaan makanan yang menyebabkan *listeriosis* pada manusia dan bahkan dapat menyebabkan kematian, terutama pada orang dewasa yang lebih tua, wanita hamil, dan bayi (Lomonaco, Nucera, & Filipello, 2015). Angka kematian *listeriosis* mencapai 20-30%. *Listeria monocytogenes* mampu bertahan hidup dan proliferasi dalam makanan yang diawetkan dengan salinitas tinggi, keasaman dan suhu refrigerasi. *Listeria monocytogenes* merupakan ancaman serius bagi industri makanan (Tchatchouang *et al.*, 2020).

Bakteriofag dianggap sebagai senjata ampuh melawan patogen dalam produk makanan karena sifatnya tidak mempengaruhi mikroflora selain target (apa yang sangat berguna dalam produk fermentasi) dan tidak mempengaruhi sifat sensorik dari produk akhir (Aprea *et al.*, 2018). Produk yang tersedia secara komersial, ListShield™ yang mengandung bakteriofag *Listeria monocytogenes* dapat mengurangi kontaminasi *Listeria monocytogenes* pada selada 91%, keju 82%, salmon asap 90%, dan makanan yang dibekukan 99% (Perera, Abuladze, Li, Woolston, & Sulakvelidze, 2015). Bakteriofag A511 dan P100 yang memiliki kisaran inang yang luas dan sangat efektif untuk biokontrol bakteri spesifik seperti *Listeria monocytogenes* dalam makanan siap saji yang sensitif terhadap kontaminasi (Guenther, Huwylar, Richard, & Loessner, 2009). Selain itu

bakteriofag Listex P100 dapat mengurangi jumlah strain *Listeria monocytogenes* dalam kaldu 3,4 log CFU/mL dan susu 2,9 log CFU/mL (Şanlıbaba & Buzrul, 2022).

## SIMPULAN

Bakteriofag sebagai biokontrol menjadi alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi kontaminasi dari bakteri patogen pada makanan seperti *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*. Aplikasi bakteriofag diantaranya dapat diterapkan pada permukaan daging untuk menghindari perkembangan patogen, bakteriofag dapat mengobati ayam yang terinfeksi *Salmonella gallinarum* dan mengobati penyakit *disentri basiler*. Pengendalian bakteri patogen dengan menggunakan bakteriofag masih rendah, untuk penggunaan dimasa depan maka aplikasi bakteriofag sebagai biopreservatif perlu diperhatikan misalnya proses produksi skala besar yang aman dan mudah, serta diperlukan evaluasi mendetail mengenai kemanjuran penggunaan bakteriofag dalam makanan. Hal ini untuk memperoleh informasi karakterisasi bakteriofag yang diperlukan, kinerja bakteriofag yang tepat dan mengisolasi bakteriofag terbaik untuk mengurangi kontaminasi bakteri patogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apra, G., Zocchi, L., di Fabio, M., de Santis, S., Prencipe, V. A., & Migliorati, G. (2018). The applications of bacteriophages and their lysins as biocontrol agents against the foodborne pathogens *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter*: An updated look. *Veterinaria Italiana*, 54(4): 293-303.
- Begum, T., Follett, P. A., Hossain, F., Christopher, L., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2020). Microbicidal effectiveness of irradiation from Gamma and X-ray sources at different dose rates against the foodborne illness pathogens *Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* in Rice. *LWT*. 132: 10984.
- Bell, B. P., Goldoft, M., Griffin, P. M., Davis, M. A., Gordon, D. C., Tarr, P. I., Kobayashi, J. (1994). A Multistate Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7—Associated Bloody Diarrhea and Hemolytic Uremic Syndrome From Hamburgers: The Washington Experience. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*. 272(17). 1349-1353.
- Bueno, E., García, P., Martínez, B., & Rodríguez, A. (2012). Phage inactivation of *Staphylococcus aureus* in fresh and hard-type cheeses. *International journal of food microbiology*. 158(1): 23-27.
- Carter, C. D., Parks, A., Abuladze, T., Li, M., Woolston, J., Magnone, J., & Sulakvelidze, A. (2012). Bacteriophage cocktail significantly reduces *Escherichia coli* O157: H7 contamination of lettuce and beef, but does not protect against recontamination. *Bacteriophage*. 2(3): 178-185.
- Celia, L. K., Nelson, D., & Kerr, D. E. (2008). Characterization of a bacteriophage lysin (Ply700) from *Streptococcus uberis*. *Veterinary microbiology*, 130(1-2), 107-117.
- Das, S., Misra, A. J., Rahman, A. H., Das, B., Jayabalan, R., Tamhankar, A. J., ... & Tripathy, S. K. (2019). Ag@ SnO2@ ZnO core-shell nanocomposites assisted solar-photocatalysis downregulates multidrug resistance in *Bacillus* sp.: A catalytic approach to impede antibiotic resistance. *Applied Catalysis B: Environmental*. 259: 118065.
- Dunne, M. W., Puttagunta, S., Aronin, S. I., Brossette, S., Murray, J., & Gupta, V. (2022). Impact of Empirical Antibiotic Therapy on Outcomes of Outpatient Urinary Tract Infection Due to Nonsusceptible Enterobacterales. *Microbiology spectrum*, 10(1), e02359-21.

- Esteves, N. C., & Scharf, B. E. (2022). Flagellotropic Bacteriophages: Opportunities and Challenges for Antimicrobial Applications. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(13): 7084.
- European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control (EFSA and ECDC). (2018). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSA Journal*. 16(12):e05500.
- Fruciano, E., & Bourne, S. (2007). Phage as an antimicrobial agent: d'Herelle's heretical theories and their role in the decline of phage prophylaxis in the West. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*. 18(1): 19-26.
- García, P., Madera, C., Martínez, B., & Rodríguez, A. (2007). Biocontrol of *Staphylococcus aureus* in curd manufacturing processes using bacteriophages. *International Dairy Journal*. 17(10): 1232-1239.
- Garvey, M. (2020). Bacteriophages and the one health approach to combat multidrug resistance: is this the way?. *Antibiotics*. 9(7): 414.
- Gibb, H. J., Barchowsky, A., Bellinger, D., Bolger, P. M., Carrington, C., Havelaar, A. H., Devleeschauwer, B. (2019). Estimates of the 2015 global and regional disease burden from four foodborne metals – arsenic, cadmium, lead and methylmercury. *Environmental Research*. 174: 188-194.
- Guenther, S., Huwyler, D., Richard, S., & Loessner, M. J. (2009). Virulent bacteriophage for efficient biocontrol of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(1): 93-100.
- Guinebretière, M. H., Broussolle, V., & Nguyen-The, C. (2002). Enterotoxigenic profiles of food-poisoning and food-borne *Bacillus cereus* strains. *Journal of Clinical Microbiology*. 40(8): 3053- 3056.
- Havelaar, A. H., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., Gibb, H. J., Hald, T., Lake, R. J., ... Zeilmaker, M. (2015). World Health Organization Global Estimates and Regional Comparisons of the Burden of Foodborne Disease in 2010. *PLoS Medicine*. 12(12): e1001923.
- Huang, C., Virk, S. M., Shi, J., Zhou, Y., Willias, S. P., Morsy, M. K., ... Li, J. (2018). Isolation, characterization, and application of Bacteriophage LPSE1 against *Salmonella enterica* in Ready to Eat (RTE) Foods. *Frontiers in Microbiology*. 9: 1046.
- Kadariya, J., Smith, T. C., & Thapaliya, D. (2014). *Staphylococcus aureus* and Staphylococcal Food-Borne Disease: An Ongoing Challenge in Public Health. *BioMed Research International*. 2014.
- Keen, E. C. (2015). A century of phage research: Bacteriophages and the shaping of modern biology. *BioEssays*. 37(1): 6-9.
- King, N. J., Whyte, R., & Hudson, J. A. (2007). Presence and significance of *Bacillus cereus* in dehydrated potato products. *Journal of Food Protection*. 70(2): 514-520.
- Kortright, K. E., Chan, B. K., Koff, J. L., & Turner, P. E. (2019). Phage Therapy: A Renewed Approach to Combat Antibiotic-Resistant Bacteria. *Cell Host and Microbe*. 25(2): 219-232.
- Kurtz, J. R., Goggins, J. A., & McLachlan, J. B. (2017). *Salmonella* infection: Interplay between the bacteria and host immune system. *Immunology Letters*. 190: 42-50.

- Le, H.H.T.; Dalsgaard, A.; Andersen, P.S.; Nguyen, H.M.; Ta, Y.T.; Nguyen, T.T. (2021). Large-Scale *Staphylococcus aureus* Foodborne Disease Poisoning Outbreak among Primary School Children. *Microbiology Research*. 12(1): 43-52.
- Lee, W. J., Billington, C., Hudson, J. A., & Heinemann, J. A. (2011). Isolation and characterization of phages infecting *Bacillus cereus*. *Letters in Applied Microbiology*. 52(5): 456-464.
- Li, M., Havelaar, A. H., Hoffmann, S., Hald, T., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., & Devleeschauwer, B. (2019). Global disease burden of pathogens in animal source foods, 2010. *PLoS One*. 14(6): e0216545.
- Li, Z., Ma, W., Li, W., Ding, Y., Zhang, Y., Yang, Q., Wang, X. (2020). A broad-spectrum phage controls multidrug-resistant *Salmonella* in liquid eggs. *Food Research International*. 132: 109011.
- Loessner MJ, Kramer K, Ebel F, Scherer S. 2002. C-terminal domains of *Listeria monocytogenes* bacteriophage murein hydrolases determine specific recognition and high-affinity binding to bacterial cell wall carbohydrates. *Mol Microbiol* 44:335–349.
- Lomonaco, S., Nucera, D., & Filipello, V. (2015). The evolution and epidemiology of *Listeria monocytogenes* in Europe and the United States. *Infection, Genetics and Evolution*. 35:172-183.
- Mangieri, N., Picozzi, C., Cocuzzi, R., & Foschino, R. (2020). Evaluation of a Potential Bacteriophage Cocktail for the Control of Shiga-Toxin Producing *Escherichia coli* in Food. *Frontiers in Microbiology*. 11: 1801.
- Oliveira, H., Melo, L.D., Santos, S.B., Nobrega, F.L., Ferreira, E. C., Cerca, N., Azeredo, J., Kluskens, L.D. (2013). Molecular Aspects and Comparative Genomics of Bacteriophage Endolysins. *J. Virol*. 87:4558–4570.
- Nelson, D. C., Schmelcher, M., Rodriguez-Rubio, L., Klumpp, J., Pritchard, D. G., Dong, S., & Donovan, D. M. (2012). Endolysins as Antimicrobials. *Advances in Virus Research*, 83, 299-365.
- O'Flynn, G., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Coffey, A. (2004). Evaluation of a cocktail of three bacteriophages for biocontrol of *Escherichia coli* O157:H7. *Applied and Environmental Microbiology*. 70(6): 3417-3424.
- Perera, M. N., Abuladze, T., Li, M., Woolston, J., & Sulakvelidze, A. (2015). Bacteriophage cocktail significantly reduces or eliminates *Listeria monocytogenes* contamination on lettuce, apples, cheese, smoked salmon and frozen foods. *Food Microbiology*. 52: 42-48.
- Rangel, J. M., Sparling, P. H., Crowe, C., Griffin, P. M., & Swerdlow, D. L. (2005). Epidemiology of *Escherichia coli* O157:H7 outbreaks, United States, 1982-2002. *Emerging Infectious Diseases*. 11(4): 603.
- Romero-Calle, D., Benevides, R. G., Góes-Neto, A., & Billington, C. (2019). Bacteriophages as alternatives to antibiotics in clinical care. *Antibiotics*. 8(3): 138.
- Şanlıbaba, P., & Buzrul, S. (2022). Control of *Listeria monocytogenes* in milk by using phage cocktail. *Scientia Agropecuaria*. 13(1): 7-14.

- Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. v., Widdowson, M. A., Roy, S. L., Griffin, P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States-Major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*. 17(1): 7.
- Schoeni, J. L., & Lee Wong, A. C. (2005). *Bacillus cereus* food poisoning and its toxins. *Journal of Food Protection*. 68(3): 636-648.
- Seif, Y., Kavvas, E., Lachance, J. C., Yurkovich, J. T., Nuccio, S. P., Fang, X., Monk, J. M. (2018). Genome-scale metabolic reconstructions of multiple *Salmonella* strains reveal serovar-specific metabolic traits. *Nature Communications*. 9(1): 1-12.
- Shannon, R., Radford, D. R., & Balamurugan, S. (2019). Impacts of Food Matrix on Bacteriophage and Endolysin Antimicrobial Efficacy and Performance. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–10.
- Shin, H., Bandara, N., Shin, E., Ryu, S., & Kim, K. pyo. (2011). Prevalence of *Bacillus cereus* bacteriophages in fermented foods and characterization of phage JBP901. *Research in Microbiology*. 162(8): 791-797.
- Sun, Z., Mandla, M., Wen, H., Ma, L., & Chen, Z. (2022). Isolation, characterization and application of bacteriophage PSDA-2 against *Salmonella Typhimurium* in chilled mutton. *PLoS ONE*. 17(1): e0262946.
- Tang, S. S., Biswas, S. K., Tan, W. S., Saha, A. K., & Leo, B. F. (2019). Efficacy and potential of phage therapy against multidrug resistant *Shigella* spp. *PeerJ*. 7: e6225.
- Tchatchouang, C. D. K., Fri, J., de Santi, M., Brandi, G., Schiavano, G. F., Amagliani, G., & Ateba, C. N. (2020). Listeriosis outbreak in south africa: A comparative analysis with previously reported cases worldwide. *Microorganisms*. 8(1): 135.
- Tkhilaishvili, T., Di Luca, M., Abbandonato, G., Maiolo, E. M., Klatt, A.-B., Reuter, M., ... Trampuz, A. (2018). Real-time assessment of bacteriophage T3-derived antimicrobial activity against planktonic and biofilm-embedded *Escherichia coli* by isothermal microcalorimetry. *Research in Microbiology*. 169(9): 515-521.
- Yang, S. C., Lin, C. H., Aljuffali, I. A., & Fang, J. Y. (2017). Current pathogenic *Escherichia coli* foodborne outbreak cases and therapy development. *Archives of Microbiology*. 199(6): 811-825.
- Zhang, X., Guo, M., Ismail, B. B., He, Q., Jin, T. Z., & Liu, D. (2021). Informative and corrective responsive packaging: Advances in farm-to-fork monitoring and remediation of food quality and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20(5): 5258-5282