

EFEKTIVITAS JERUK NIPIS DALAM MENURUNKAN BAKTERI SALMONELLA DAN ESCHERICHIA COLI PADA DADA KARKAS AYAM BROILER

AGUSTINUS HANTORO DJOKO RAHARDJO

Universitas Jenderal Sudirman

email korespondensi: agustinus.han@yahoo.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komponen dan konsentrasi asam organik yang terkandung dalam buah jeruk nipis dan mengkaji efektivitas perasan jeruk nipis sebagai agen dekontaminan dalam menurunkan jumlah bakteri *Salmonella* dan *Escherichia coli* yang terdapat pada dada karkas ayam broiler yang dijual di pasar tradisional. Dekontaminasi dilakukan dengan cara perendaman karkas dada pada aquades yang masing-masing mengandung perasan jeruk nipis 5, 10, dan 15% selama 5 dan 10 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dekontaminasi perasan jeruk nipis dengan konsentrasi yang berbeda pada lama perendaman 5 dan 10 menit nyata ($P < 0,05$) menurunkan jumlah bakteri *Salmonella* sampai dengan 96,43 persen. Dekontaminasi juga mampu menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* sampai dengan 57,38 persen, namun tidak terdapat perbedaan pengaruh yang nyata antara konsentrasi dan lama perendaman terhadap jumlah bakteri pada karkas dada ayam broiler. Hasil dari penelitian ini adalah perasan jeruk nipis sebagai agen dekontaminan efektif menurunkan jumlah bakteri *Salmonella* dan *Escherichia coli* secara menyeluruh pada dada karkas ayam broiler.

Kata kunci : perasan jeruk nipis, dekontaminasi, dada karkas ayam broiler

Abstract

The research objectives to study the effectiveness of lime juice as a decontaminant agent in reducing *Salmonella* and *Escherichia coli* bacteria in broiler carcasses breast sold at traditional markets. Decontamination of broiler carcasses breast through immersion in the distilled water containing lime juice 5, 10, and 15% for 5 and 10 minutes. Results indicated that decontamination of lime juice with different concentrations after 5 and 10 minutes immersion has significant effect ($P < 0.05$) reduce of *Salmonella* bacteria up to 96.43 percent. Decontamination are also able to reduce the number of bacteria *Escherichia coli* up to 57.38 percent, but is no difference in effect between concentration and long immersion of the number of bacteria on broiler carcass breast. The conclusion of this study is lime juice as an effective decontaminant agent to reduce of *Salmonella* and *Escherichia coli* bacteria as a whole broiler carcass breast.

Keywords : lime juice, decontamination, broiler carcass breast

Pendahuluan

Salah satu penyebab terjadinya *foodborne disease* (penyakit yang terbawa melalui makanan) adalah kontaminasi bakteri patogen seperti *Salmonella* sp. dan *Escherichia coli* pada karkas ayam. Hal tersebut merupakan akibat dari mudahnya karkas terkontaminasi bakteri saat proses pemotongan. Sumber-sumber kontaminasi bakteri pada karkas ayam meliputi udara, air, feses, bulu, saluran pencernaan, pekerja, dan peralatan yang digunakan untuk pemotongan (Barbut, 2002). Tahapan prosesing seperti *scalding*, pencabutan bulu, pengeluaran jeroan dan pencucian memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kontaminasi bakteri (Morshedy dan Sallam, 2009). Jumlah awal bakteri merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap masa simpan karkas. Karkas ayam dengan tingkat bakteri yang tinggi mempunyai masa simpan pendek, maka diperlukan upaya untuk menurunkan jumlah awal bakteri yang murah dan mudah diterapkan yaitu dengan dekontaminasi.

Berbagai metode dekontaminasi telah banyak diteliti dan diterapkan di rumah potong ayam (RPA), namun tidak semua metode dapat diterapkan secara luas karena keterbatasan teknologi, peralatan dan biaya. Metode dekontaminasi yang berpeluang besar untuk dikembangkan dan diterapkan pada rumah potong ayam di Indonesia adalah penggunaan asam organik alami seperti asam sitrat, asam asetat, asam laktat, an asam malat.

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai aktivitas antimikroba yang efektif terhadap bakteri gram positif dan gram

negatif (Onyeagba et al., 2004; Melendez dan Capriles, 2006;). Secara in vitro telah dibuktikan kemampuan buah jeruk nipis sebagai antibakteri dalam menghambat *Salmonella paratyphi*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Staphylococcus aureus* (Aibinu et al., 2009). Aktivitas antibakteri dari buah jeruk nipis karena mengandung sejumlah asam organik seperti asam sitrat yang merupakan komponen utama, kemudian asam malat, asam laktat dan asam tartarat. Penghambatan sebagai antibakteri dari asam organik karena penurunan pH dibawah kisaran pertumbuhan mikroorganisme dan penghambatan metabolisme oleh molekul asam yang tak terdisosiasi (Barbut, 2002). Hasil penelitian Nour et al. (2010) menunjukkan bahwa jus jeruk nipis segar mengandung asam sitrat 6,15 persen, asam malat 0,52 persen, asam laktat 0,09 persen, serta sejumlah kecil asam tartarat. Di Indonesia buah jeruk nipis telah lama dikenal dan digunakan di pedesaan untuk pengawet ikan dan daging, namun dosis penggunaan masih bervariasi hanya berdasar perkiraan pemakainya saja. Sampai saat ini belum ada laporan tentang penggunaan buah jeruk nipis untuk dekontaminasi, terutama pada karkas ayam.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen dan konsentrasi asam organik yang terkandung dalam buah jeruk nipis dan mengkaji efektivitas perasan jeruk nipis sebagai agen dekontaminan dalam menurunkan jumlah bakteri *Salmonella* dan *Escherichia coli* yang terdapat pada dada karkas ayam broiler yang dijual di pasar tradisional.

Metode

Perasan Jeruk Nipis

Buah jeruk nipis yang sudah masak (berwarna kuning) dibeli dari pedagang pasar "Wage" Purwokerto, kemudian dicuci bersih dan dibelah menjadi dua. Selanjutnya diperas dengan alat perasan elektrik. Hasil perasan disaring untuk memisahkan biji dan ampas dari air perasan. Air perasan ini digunakan sebagai bahan dekontaminasi. Untuk mengetahui komponen asam organik serta konsentrasinya dilakukan pengujian dengan metode HPLC di LPPT, UGM Yogyakarta.

Tabel 1. Kandungan asam organik pada perasan jeruk nipis

Jenis asam organik	Konsentrasi			
	100 %	15 %	10 %	5 %
	----- % -----			
Asam sitrat	2,13	0,30	0,18	0,09
Asam malat	0,62	0,09	0,05	0,025
Asam laktat	0,02	0,003	0,002	0,0008
Asam tartarat	<0,0006	<0,0000	<0,0000	<0,0000

Sumber : Hasil analisis HPLC di LPPT, UGM (2011)

Karkas Dada Ayam Broiler

Sebanyak tujuh karkas dada ayam broiler dengan berat rata-rata 0,65 kg dibeli dari pedagang pasar "Wage" Purwokerto, dimasukkan dalam kantong plastik steril, selanjutnya dibawa ke Laboratorium THT Fakultas Peternakan Unsoed untuk perlakuan dekontaminasi.

Perlakuan Dekontaminasi

Sebanyak 7 karkas dada dibagi menjadi 4 bagian, yaitu 3 bagian masing-masing terdiri dari 2 karkas untuk perlakuan dekontaminasi dan 1 karkas sebagai kontrol (dimasukkan dalam kantong plastik steril dan dikirim ke Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi Unsoed untuk dianalisis). Dekontaminasi dilakukan dengan cara perendaman dalam aquades yang mengandung perasan jeruk nipis. Secara bersamaan 3 bagian karkas, masing-masing 2 karkas dimasukkan dalam 3 baskom yang sudah berisi aquades yang mengandung perasan jeruk nipis masing-masing 5, 10, dan 15 % hingga semua bagian karkas terendam. Lima menit kemudian dari setiap baskom diambil 1 karkas dan ditiriskan dengan cara digantung. Lima menit berikutnya yaitu total waktu 10 menit perendaman dari setiap baskom diambil 1 karkas lainnya dan ditiriskan dengan digantung. Penirisan berlangsung selama 15 menit. Penentuan konsentrasi perasan jeruk nipis didasarkan pada hasil evaluasi asam sitrat yang ada dalam jeruk nipis dengan menggunakan referensi Doores (2005), yaitu penggunaan asam sitrat 0,3 % mampu menurunkan tingkat Salmonella pada karkas unggas. Penentuan lama perendaman didasarkan rekomendasi hasil penelitian Rahardjo dan Sumarmono (2007), yaitu selama 10 menit.

Identifikasi, Isolasi dan Jumlah Bakteri

Semua karkas setelah perlakuan dekontaminasi masing-masing dimasukkan dalam kantong plastik steril dengan diberi kode, kemudian dikirim ke Laboratorium Mikrobiologi untuk identifikasi, isolasi dan jumlah bakteri Salmonella dan Escherichia coli.

Analisis Statistik

Semua data yang didapat dengan 4 kali ulangan ditabulasikan dan dianalisis dengan analisis variansi menurut Steel dan Torrie (1993).

Hasil dan Pembahasan

Hasil dekontaminasi perasan jeruk nipis konsentrasi 5, 10, dan 15 % selama 5 dan 10 menit terhadap penurunan jumlah bakteri Salmonella dan Escherichia coli tersaji pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rataan jumlah bakteri Salmonella pada karkas dada ayam broiler

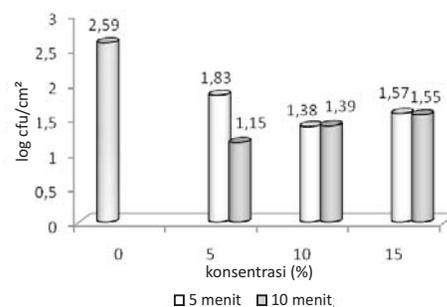
Perlakuan	Rataan	penurunan
	---- cfu----	--- (%) ---
Sebelum dekontaminasi	$3,9 \times 10^2 \pm 3,8 \times 10^{2b}$	
Konsentrasi 5%, lama 5 menit	$6,8 \times 10^1 \pm 5,0 \times 10^{1b}$	82,78
Konsentrasi 5%, lama 10 menit	$1,4 \times 10^1 \pm 9,6 \times 10^{0a}$	96,43
Konsentrasi 10%, lama 5 menit	$2,4 \times 10^1 \pm 1,5 \times 10^{1a}$	93,88
Konsentrasi 10%, lama 10 menit	$2,4 \times 10^1 \pm 2,5 \times 10^{1a}$	93,79
Konsentrasi 15%, lama 5 menit	$3,7 \times 10^1 \pm 4,3 \times 10^{1a}$	90,56
Konsentrasi 15%, lama 10 menit	$3,6 \times 10^1 \pm 2,9 \times 10^{1a}$	90,94

Keterangan : superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa akibat dekontaminasi dengan perendaman perasan jeruk nipis kisaran rata-rata jumlah bakteri Salmonella antara 1,4 sampai $6,8 \times 10^1$ cfu/cm², sedangkan jumlah awal sebelum dekontaminasi mempunyai rata-rata $3,9 \times 10^2$ cfu/cm². Akibat perendaman dalam perasan jeruk nipis dengan konsentrasi dan lama yang berbeda menyebabkan jumlah bakteri mengalami penurunan dengan kisaran antara 82,78 sampai 96,43 persen.

Laju penurunan jumlah bakteri akibat perlakuan dekontaminasi perasan jeruk nipis tidak sama pada setiap perlakuan (Gambar 1). Penurunan tertinggi pada perendaman konsentrasi 5% selama 10 menit yaitu berkurang 1,44 log cfu/cm², diikuti oleh perendaman konsentrasi 10% selama 5 menit berkurang 1,21 log cfu/cm², kemudian pada perendaman konsentrasi 10% selama 10 menit berkurang 1,20 log cfu/cm², perendaman konsentrasi 15% selama 10 menit berkurang 1,04 log cfu/cm², perendaman konsentrasi 15% selama 5 menit berkurang 1,02 log cfu/cm², dan penurunan jumlah bakteri terendah pada perendaman konsentrasi 5% selama 5 menit berkurang 0,76 log cfu/cm².

Gambar 1. Grafik jumlah bakteri Salmonella



Gambar 1. Grafik jumlah bakteri Salmonella

Dibandingkan dengan dekontaminasi lain seperti penyemprotan klorin 50 ppm pada permukaan karkas broiler menunjukkan penurunan jumlah bakteri *Salmonella* hasil penelitian masih lebih tinggi, penyemprotan klorin 50 ppm menyebabkan penurunan sebesar 0,9 sampai 1,1 log cfu/ml (Northcutt et al., 2005). Demikian juga dengan pencucian 0,5 % asam asetat menurunkan jumlah *Salmonella* pada kulit broiler 0,7 log cfu/ml (Zhao et al., 2009). Bila dibandingkan dengan hasil penelitian Killinger et al. (2010) menunjukkan penurunan jumlah bakteri hasil penelitian relatif sama, yaitu dengan pencucian asam laktat 2 % menurunkan bakteri *Salmonella* pada karkas ayam 93,25 %.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa dekontaminasi perasan jeruk nipis dengan konsentrasi yang berbeda pada lama perendaman 5 dan 10 menit berpengaruh nyata ($P < 0,1$) terhadap penurunan jumlah bakteri *Salmonella* pada dada karkas ayam broiler. Jumlah bakteri sebelum dekontaminasi memperlihatkan perbedaan yang nyata dibandingkan perlakuan lain ($P < 0,05$), yaitu mempunyai jumlah paling tinggi $3,9 \times 10^2$ cfu/cm². Asam organik yang terdapat dalam perasan jeruk nipis, seperti asam sitrat, malat, laktat, dan sejumlah kecil asam tartarat ternyata masih mampu menembus dinding sel bakteri *Salmonella*, meskipun dalam konsentrasi yang rendah (Tabel 1) untuk menghambat pertumbuhan sel bakteri *Salmonella*. Penggunaan perasan jeruk nipis sebagai dekontaminasi adalah efektif karena mampu menurunkan jumlah bakteri *Salmonella* yang lebih tinggi dibandingkan dekontaminasi lain yang sudah sering digunakan dalam industri unggas seperti asam asetat, laktat maupun klorin. Kombinasi lebih dari 2 antibakteri seperti perasan jeruk nipis terbukti efektif sebagai dekontaminasi seperti yang disampaikan oleh Theron dan Lues (2011).

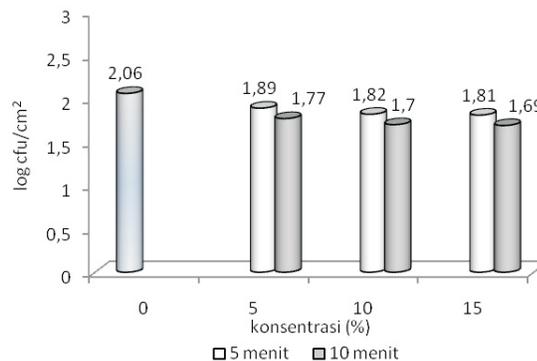
Tabel 3. Rataan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada dada karkas ayam broiler

Perlakuan	Rataan	Penurunan
	----- cfu/cm ² -----	--- (%) ---
Sebelum dekontaminasi	$1,2 \times 10^2 \pm 4,1 \times 10^1$	
Konsentrasi 5%, lama 5 menit	$7,8 \times 10^1 \pm 3,1 \times 10^1$	32,40
Konsentrasi 5%, lama 10 menit	$5,9 \times 10^1 \pm 2,2 \times 10^1$	49,24
Konsentrasi 10%, lama 5 menit	$6,7 \times 10^1 \pm 2,0 \times 10^1$	42,55
Konsentrasi 10%, lama 10 menit	$5,0 \times 10^1 \pm 1,7 \times 10^1$	56,80
Konsentrasi 15%, lama 5 menit	$6,5 \times 10^1 \pm 6,4 \times 10^0$	44,28
Konsentrasi 15%, lama 10 menit	$4,9 \times 10^1 \pm 2,6 \times 10^1$	57,38

Berdasarkan Tabel 3 dapat dijelaskan bahwa akibat dekontaminasi dengan perendaman perasan jeruk nipis kisaran rata-rata jumlah bakteri *Escherichia coli* antara $4,9 \times 10^1$ sampai $7,8 \times 10^1$ cfu/cm², sedangkan jumlah awal bakteri sebelum dekontaminasi mempunyai rata-rata $1,2 \times 10^2$ cfu/cm². Akibat perendaman dalam perasan jeruk nipis dengan konsentrasi dan lama yang berbeda menyebabkan jumlah bakteri mengalami penurunan dengan kisaran $4,2 \times 10^1$ sampai $7,1 \times 10^1$ cfu/cm² atau 32,40 sampai 57,38 persen.

Laju penurunan jumlah bakteri akibat perlakuan dekontaminasi perasan jeruk nipis tidak sama pada setiap perlakuan (Gambar 2). Penurunan tertinggi pada

perendaman konsentrasi 15% selama 10 menit yaitu $7,1 \times 10^1$ cfu/cm² (57,38 persen), diikuti oleh perendaman konsentrasi 10% selama 10 menit, kemudian pada perendaman konsentrasi 5% selama 10 menit, perendaman konsentrasi 15% selama 5 menit, perendaman konsentrasi 10% selama 5 menit, dan penurunan jumlah bakteri terendah pada perendaman konsentrasi 5% selama 5 menit yaitu $4,2 \times 10^1$ cfu/cm² (32,40 persen). Hasil penelitian ini masih lebih tinggi dalam menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* bila dibandingkan dengan penggunaan dekontaminasi lain seperti perendaman dalam larutan asam laktat, penyemprotan dengan asam sitrat. Perendaman sayap broiler dalam larutan asam laktat 0,5 persen selama 10 menit mampu menurunkan jumlah *Escherichia coli* 16 persen (Hecer dan Guldaz, 2011), sedangkan perendaman daging ayam dalam 1,0 persen selama 20 detik menurunkan 9,8 persen (Jasass, 2008). Perlakuan lain dengan penyemprotan beefxide 2,5% (campuran asam laktat dan asam sitrat) pada daging sapi mampu menurunkan jumlah *Escherichia coli* 27 persen (Laury et al., 2009), sedangkan dengan penyemprotan 1 persen larutan asam sitrat atau asam laktat saja selama 15 detik pada daging sapi masing-masing mampu menurunkan $3,52 \log$ cfu/cm² atau $1,70 \log$ cfu/cm² (Yoder et al., 2012).



Gambar 2. Grafik jumlah bakteri *Escherichia coli*

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa dekontaminasi perasan jeruk nipis dengan konsentrasi yang berbeda pada lama perendaman 5 dan 10 menit berpengaruh tidak nyata ($P > 0,10$) terhadap jumlah bakteri *Escherichia coli* pada dada karkas ayam broiler. Bila dilihat dari kandungan asam organik perasan jeruk nipis konsentrasi 5, 10, dan 15% (Tabel 1) memperlihatkan perbedaan konsentrasi yang kecil. Hal inilah yang mungkin menyebabkan pengaruhnya menjadi tidak nyata terhadap jumlah bakteri, namun demikian ada kecenderungan semakin tinggi konsentrasi perasan jeruk nipis jumlah bakteri semakin menurun, juga semakin lama perendaman jumlah bakteri semakin menurun. Perendaman konsentrasi 15, 10, dan 5 persen penurunan jumlah bakteri masing-masing $5,9 \times 10^1$ cfu/cm², $5,7 \times 10^1$ cfu/cm², dan $4,7 \times 10^1$ cfu/cm², sedangkan rata-rata penurunan jumlah bakteri dengan lama perendaman 10 dan 5 menit masing-masing $6,3 \times 10^1$ cfu/cm² dan $4,6 \times 10^1$ cfu/cm².

Efektivitas asam organik sebagai dekon-taminan untuk menurunkan jumlah bakteri pada permukaan karkas dipengaruhi oleh konsentrasi asam, waktu dekontaminasi, dan metode yang dipakai (Jimenez et al., 2005). Penggunaan perasan jeruk nipis sebagai dekontaminan masih cukup efektif menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli*, karena mampu menurunkan jumlah bakteri lebih tinggi dibandingkan dekontaminan lain dengan konsentrasi lebih tinggi yang dilakukan secara sendiri-sendiri.

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa perasan jeruk nipis sebagai agen dekontaminan efektif menurunkan jumlah bakteri *Salmonella* sampai 96,43 persen dan bakteri *Escherichia coli* 57,38 persen secara menyeluruh pada dada karkas ayam broiler.

Disarankan buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dapat digunakan sebagai bahan dekontaminan pada konsentrasi 5 % dengan cara perendaman selama 5 menit.

Daftar Pustaka

- Aibinu, I., T. Adenipekun, T. Adelowotan, T. Ogunsanya, and T. Odugbemi. 2007. *Evaluation of the Antimicrobial Properties of Different Parts of Citrus aurantifolia (Lime fruits) as Used Locally*. Afr. J. Trad. CAM 4(2) : 185-190.
- Barbut, S. 2002. *Poultry Products Processing : An Industry Guide*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Doores, S. 2005. *Organic Acids*. Dalam : Davidson, P. M., J. N. Sofos, and A. L. Branen (eds). *Antimicrobials in Food*. Third edition. Hal. : 91– 142. Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida.
- Hecer, C. and M. Guldaz. 2011. *Effects of Lactic Acid, Fumaric Acid and Chlorine Dioxide on Shelf-life of Broiler Wings During Storage*. Afr. J. Microbiol. Res.5(23) : 3880-3883.
- Jasass, F. M. 2008. *Effectiveness of Trisodium Phosphate, Lactic Acid, and Acetic Acid in Reduction of E. coli and Microbial Load in Chicken Surfaces*. Afr. J. Microbiol. Res. 2: 050-055.
- Jimenez; S. M., P. Destefanis, M. S. Saisi, M. C. Tiburzi, and M. E. Pirovani. 2005. *Predictive Model for Reduction of Escherichia coli During Acetic Acid Decontamination of Chicken Skin*. J. App. Microbiol. 99 : 829-835.
- Killinger, K. M., A. Kannan, A. L. Bary, and C. G. Cogger. 2010. *Validation of a 2 Percent Lactic Acid Antimicrobial Rinse for Mobile Poultry Slaughter Operations*. J. Food Prot. 73(11) : 2079-2083.
- Laury, A. M., M. V. Alvarado, G. Nace, C. Z. Alvarado, J. C. Brooks, A. Echeverry, and M. M. Brashears. 2009. *Validation of Lactic Acid– and Citric Acid – Based Antimicrobial Product for the Reduction of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella on Beef Tips and Whole Chicken Carcasses*. Journal Food Protection 72(10) : 2208-2211.
- Melendez, P. A and V. A. Capriles. 2006. *Antibacterial Properties of Tropical Plants from Puerto Rico*. Int. J. Phytot. & Phytop. 13(4) : 272-276.
- Morshedy, A. E. M. A. and K. I. Sallam. 2009. *Improving the Microbial Quality and Self Life of Chicken Carcasses by Trisodium Phosphate and Lactic Acid Dipping*. Int. J. Poult. Sci. 8(7) : 645-650.
- Northcutt, J. K., D. P. Smith, M. T. Musgrove, K. D. Ingram, and A. Hinton, Jr. 2005. *Microbiological Impact of Spray Washing Broiler Carcasses Using Different Chlorine Concentrations and Water Temperatures*. Poultry Science 84 : 1648-1652.
- Nour, V., I. Trandafir, and M. E. Ionica. 2010. *HPLC Organic Acid Analysis in Different Citrus Juices under Reversed Phase Conditions*. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 38(1) : 44-48.
- Onyeagba, R. A., O. C. Ugbogu, C. U. Okeke, and O. Iroakasi. 2004. *Studies on the Antimicrobial Effects of Garlic (Allium sativum Linn), Ginger (Zingiber officinale Roscoe) and Lim (Citrus aurantifolia Linn)*. Afr. J. Biotechnol. 3(10) : 552-554.
- Rahardjo, A. H. D. dan J. Sumarmono. 2007. *Kajian Terhadap Jumlah Mikroba dan Kualitas Karkas Ayam Akibat Dekontaminasi dengan Asam Organik*. Laporan Penelitian. Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Theron, M. M. and J. F. R. Lues. 2011. *Organic Acids and Food Preservation*. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida.
- Yoder, S. F., W. R. Henning, E. W. Mills, S. Doores, N. Ostiguy, and C. N. Cutter. 2012. *Investigation of Chemical Rinses Suitable for Very Small Meat Plants to Reduce Pathogens on Beef Surfaces*. J. Food Prot. 75(1) : 14-21
- Zhao, T., P. Zhao, and M. P. Doyle. 2009. *Inactivation of Salmonella and Escherichia coli O157:H7 on Lettuce and Poultry Skin by Combinations of Levulinic Acid and Sodium Dodecyl Sulfate*. J. Food Prot. 72(5) : 928-936.