

PENGARUH PENANGANAN ULANG SECARA TERMAL DAN NON-TERMAL TERHADAP TINGKAT KONTAMINASI MIKROBA DAN BAU MENYIMPANG PADA LADA PUTIH

The Effect of Thermal and Non-thermal Reprocessing on Microbial and Off-flavor Contamination of White Pepper

KENDRI WAHYUNINGSIH*, CHRISTINA WINARTI, SARI INTAN KAILAKU, DAN HERNANI

Besar Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No.12 Cimanggu, Bogor 16111

*E-mail : kendriwahyuni@gmail.com

Diterima: 03-04-2020 ; Direvisi: 22-08-2020 ; Disetujui: 09-11-2020

ABSTRAK

Lada putih (*Piper nigrum*) hasil olahan petani secara tradisional sering menghasilkan biji lada putih yang berbau menyimpang (*off-flavor*) menyerupai bau kotoran dan cemaran mikroba melebihi ambang batas menurut SNI. Penelitian telah dilakukan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen dari bulan Februari - November 2019. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penanganan ulang biji lada putih secara termal (pemberian uap panas) dan non-termal (perendaman dalam air mengandung ozon) terhadap sifat fisiko-kimia, penurunan kontaminan mikroba dan penekanan bau menyimpang. Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan tersebut meliputi: kontrol (tanpa perlakuan penanganan ulang), perlakuan termal dengan pemberian uap panas pada 90-100 °C selama 30, 60 dan 90 menit serta perlakuan non-termal yaitu perendaman dalam air berozon selama 20, 40, dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penanganan ulang lada putih secara termal dan non-termal telah mampu memperbaiki mutu fisik, menurunkan kontaminan mikroba dan menekan bau menyimpang pada lada putih. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan secara termal selama 30 menit yang mampu meningkatkan kualitas biji lada putih hingga memenuhi SNI mutu II, menekan kontaminan mikroba dan bau menyimpang secara maksimal. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa perlakuan termal selama 30 menit telah mampu menurunkan persentase senyawa kimia penyebab bau menyimpang (menyerupai bau tinja dan apek), yaitu senyawa asam heksanoat, *p*-kresol, dan 3-metil indol. Sedangkan limbah senyawa asam propanoat dan asam heptanoat sudah hilang tidak terdeteksi oleh instrumen.

Kata kunci: Lada putih, uap air panas, ozon, bau menyimpang

ABSTRACT

Traditional handling and processing technology of pepper (*Piper nigrum*) at farmer-scale produced white pepper with high microbial and off-flavor, over the SNI quality maximum limit. An experiment to determine the effect of thermal (steam heat) and non-thermal (immersion in ozone water) re-processing on microbial and off-flavor contamination of white pepper, had been executed in Laboratory of the Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development work during February – November 2019. The experiment was arranged in a Complete Randomized Design with 7 treatments and three replications. The seven treatments were: control (no reprocessing), thermal treatment steam heat at 90 - 100°C for 0, 30, 60, 90 minutes and non-thermal immersion in ozonized water for 0, 20, 40, dan 60 minutes. The result showed that thermal and non-thermal reprocessing of white pepper could increase the physical

characters, reduce microbial contaminant, as well as off-flavor contamination in produced white pepper. Thermal treatments for 30 minutes was identified as the best treatment. The process had been able to improve the quality of white pepper to meet SNI quality class II, reduced the microbial contaminant and reduced the chemical compounds producing off-flavor. GC-MS analysis showed that the ability of thermal treatment in reducing those compounds, such as hexanoic acid, *p*-cresol and 3-methyl indole. Meanwhile, propanoic acid and heptanoic acid were undetected.

Keywords: White pepper, hot water vapor, ozone, off-flavor

PENDAHULUAN

Lada (*Piper nigrum*) merupakan salah satu komoditas rempah penting di Indonesia. Direktorat Jenderal Perkebunan mencatat bahwa sepanjang 2015-2017 produktivitas lada mengalami penurunan, namun satu tahun terakhir kembali meningkat produktivitasnya menjadi 802 kilogram per hektar. Produksi lada secara nasional mencapai 84.600 ton pada tahun 2018 (BPS 2018). Produksi lada umumnya diolah menjadi biji lada putih mengikuti cara tradisional. Buah lada yang telah tua dimasukkan ke dalam karung untuk direndam di dalam sungai, kolam atau selokan selama 12-14 hari, kemudian dilakukan pengelupasan kulit buah lada yang telah lunak, diikuti dengan tahap pencucian dan pengeringan (Syakir et al. 2017). Proses pengeringan biasa dilakukan dengan penjemuran, yang sangat tergantung pada intensitas sinar matahari. Akibatnya, banyak lada putih yang dihasilkan mempunyai kadar air yang masih tinggi. Tingginya kadar air ini lebih lanjut memengaruhi proses distribusi maupun penyimpanan, yang berujung pada mutu produk yang tidak memenuhi standar mutu (SNI 01-0004-1995).

Perlakuan penanganan secara tradisional tersebut juga menimbulkan terjadinya kontaminasi mikroba yang tinggi dan pembentukan bau menyimpang (*off-flavor*), yakni bau busuk menyerupai aroma tinja.

Pertumbuhan jamur pada lada menyebabkan masalah serius karena berpotensi menghasilkan mikotoksin seperti aflatoksin dan okratoksin (Aafia et al. 2018).

Perbaikan mutu biji lada putih telah dilakukan di tingkat eksportir, yakni dengan cara melakukan penanganan ulang (reproses). Kegiatan penanganan ulang ini, melibatkan langkah pencucian, pengeringan, sortasi dan pengemasan kedap udara. Di tingkat importir, penanganan ulang (reproses) dilakukan dengan cara yang cukup berbeda, yaitu melalui proses sterilisasi, *grading*, *milling* dan *packaging* (Risfaheri 2012).

Berbagai upaya untuk peningkatan mutu lada putih di tingkat petani juga telah dilakukan seperti program penyuluhan, bimbingan teknis dan pendampingan teknologi pascapanen penanganan buah lada menjadi biji lada putih yang bermutu. Teknologi pascapanen pengolahan buah lada tersebut antara lain perendaman menggunakan air yang mengalir, perendaman dengan air yang diganti (Syakir et al. 2017), dan perendaman menggunakan enzim (Ruth et al. 2019, Usmiati and Nurdjannah, 2006). Teknologi lainnya meliputi pengolahan semi-mekanis (Syakir et al. 2017), pengeringan dengan oven pada suhu yang stabil dan konstan (Sutamihardja et al. 2018), maupun pengemasan ulang dengan plastik pada penyimpanan suhu terkontrol (Sembiring and Hidayat 2012).

Implementasi teknologi di tingkat petani tersebut tampak tidak dapat dilakukan sepenuhnya karena petani menghadapi berbagai masalah, seperti tambahan biaya produksi akibat penggunaan air yang banyak, biaya investasi mesin pengupas dan oven pengering, biaya tenaga listrik, biaya untuk pembelian enzim, dan biaya untuk pengadaan kemasan. Dengan demikian diperlukan pendekatan lain untuk penanganan ulang (reproses) biji lada putih di tingkat petani, baik dengan mengacu pada praktik yang telah dilakukan oleh para eksportir atau importir, maupun dengan metode baru yang lebih prospektif dalam meningkatkan mutu lada putih, termasuk untuk menekan kontaminan mikroba dan terjadinya bau menyimpang.

Penanganan ulang (reproses) secara termal menggunakan uap panas merupakan proses yang mudah dilakukan, peralatan pendukung yang digunakan cukup sederhana dan mudah diperoleh. Uap panas efektif dalam mensterilkan dan menurunkan kontaminan mikroba dan menghilangkan senyawa-senyawa kimia penyebab bau menyimpang. Proses sterilisasi pada suhu 90–100 °C terhadap lada putih hasil pengolahan semi mekanis selama 30 menit telah menurunkan nilai *total plate count* (TPC) tanpa mengurangi kadar minyak atsiri (Syakir et al. 2017).

Penanganan ulang (reproses) secara non-termal melalui perendaman dalam air yang mengandung ozon juga memiliki prospek yang baik. Gas ozon terbukti telah mampu mengurangi populasi perkembangbiakan mikroba pada komoditas hortikultura seperti brokoli, apel, anggur, jeruk, *pear*, *raspberries*, dan strawberi (Aafia et al. 2018), buah apel potong segar (Liu et al. 2016), buah Satsuma mandarin (Wu et al. 2019). Perlakuan mengalirkan gas ozon ke produk biji kapulaga dan biji buah pinus selama lebih dari 20 menit (Brodowska et al. 2017) dan ke biji lada hitam selama 10–40 menit terbukti mampu menonaktifkan pertumbuhan mikroorganisme. Dosis gas ozon optimal 0,28 ppm yang ditambahkan ke dalam air untuk merendam tahu tofu selama 40–120 menit telah mampu mengeliminasi sejumlah bakteri *E. coli* hingga 1 log cfu/g (Karamah et al., 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penanganan ulang (reproses) secara termal (pemberian uap panas 90–100 °C) dan non-termal (perendaman dalam air yang mengandung ozon) terhadap tingkat kontaminasi mikroba dan bau menyimpang pada lada putih.

BAHAN DAN METODE

Bahan baku dalam penelitian ini adalah biji lada putih yang diperoleh dari petani lada di Bangka dan Jawa Barat, gas ozon dan bahan pendukung lain. Peralatan yang digunakan meliputi ozon generator, timbangan, termometer, saringan, wadah perendaman, alat pengukus/*steamer*, seperangkat alat ozonisasi, pengering oven dan kompor gas. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penanganan dan Pengolahan, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian di Bogor dari bulan Februari hingga November 2019.

Rancangan Percobaan

Penelitian dilaksanakan mengikuti Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tujuh perlakuan dan tiga kali ulangan. Masing-masing perlakuan tersebut adalah: kontrol (tanpa perlakuan penanganan ulang), perlakuan penanganan ulang secara termal yaitu lamanya pemberian uap panas 90–100 °C (selama 30, 60, dan 90 menit), dan perlakuan penanganan ulang secara non-termal yaitu lamanya perendaman dengan air yang mengandung ozon (selama 20, 40, dan 60 menit). Konsentrasi ozon dalam air perendaman adalah 0,30–0,44 ppm (Karamah et al., 2019, Aafia et al. 2018). Setelah proses penanganan ulang secara termal ataupun

non termal, lada putih dikeringkan dengan oven pada suhu 50-60 °C sampai kadar air kurang dari 12%.

Parameter yang Diamati dan Analisis Data

Parameter yang diamati terhadap lada putih hasil proses penanganan ulang adalah warna (*chromameter*), densitas kamba, kadar air (SNI 0004:2013), mikrobiologi (*Total Plate Count*/TPC) (SNI 0004:2013), kadar minyak atsiri (SNI 0004:2013), kadar piperin (Spektrofotometer, IPC Method no. 18.0), komposisi senyawa *volatile* penyebab bau menyimpang dan morfologi permukaan (*Scanning Electron Microscope*). Pengamatan *off-flavor* dilakukan menggunakan instrument GC-MS melalui identifikasi senyawa penyebab *off-flavor* (3-metil indol/skatole dan 4-metil fenol/p-cresol) mengacu metode Vinod et al. (2014). Metode penanganan ulang lada putih terbaik dipilih melalui perbandingan hasil terbaik dari metode yang diuji coba dengan menggunakan parameter meliputi densitas kamba, kadar air, kadar minyak atsiri, piperin, warna, dan mikrobiologis (TPC). Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji beda *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada selang kepercayaan 95%. Pengolahan data menggunakan *software* SPSS Statistics 17.0. Pembobotan diberikan pada setiap parameter berdasarkan urutan angka tertinggi sampai terendah (1 dinilai tertinggi dan seterusnya, 5 nilai terendah). Masing-masing nilai parameter dijumlahkan, dan hasil

penjumlahan yang terendah merupakan peringkat terbaik (Meilgaard et al. 1999).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penanganan Ulang Terhadap Mutu Fisiko Kimia Lada Putih

Perlakuan penanganan ulang secara termal dan non-termal memengaruhi tingkat kecerahan biji lada, yaitu taraf waktu pemanasan dan perendaman memiliki nilai berbeda nyata terhadap nilai kroma L, b dan C dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Semakin lama proses pemanasan maka nilai kroma L semakin menurun, sedangkan nilai kroma b dan C semakin meningkat. Weil et al. (2017) menunjukkan bahwa perlakuan pemanasan terhadap *Piper borbonense* telah menyebabkan penurunan nilai kroma L, a, dan b. Hal ini terjadi karena proses secara termal (pemberian uap panas 90–100 °C) telah menyebabkan proses pigmentasi lapisan epidermis biji lada putih menjadi lebih gelap akibat keluarnya zat ekstraktif yang terdapat dalam biji lada ke permukaan. Hasil penelitian Widyorini et al. (2014) menyebutkan bahwa metode penguapan memberikan perubahan warna kayu menjadi semakin gelap dengan bertambahnya waktu dan suhu penguapan. Begitu pula perlakuan *Piper borbonense* menggunakan pemanasan telah menyebabkan warnanya mengalami perubahan yaitu dari merah menjadi cokelat, nilai kroma L, a dan b mengalami penurunan (Weil et al. 2017).

Tabel 1. Pengaruh lamanya penanganan ulang secara termal dan non-termal terhadap warna Hunter lada putih
Table 1. Effect of thermal and non-thermal reprocessing durations on Hunter's color of white pepper

Perlakuan/ Treatments		L	a	b	C	°Hue
Waktu/Time (menit/minutes)						
Kontrol/control	-	50,50c	0,47a	12,41b	12,45b	88,58a
Penanganan ulang secara termal dengan uap panas 90-100 °C selama:	30	51,05c	0,81a	12,50bc	12,56bc	86,35a
<i>Thermal reprocessing by steam heat at 90-100 °C for:</i>	60	50,94c	0,65a	12,80bcd	12,43b	87,17a
	90	50,85c	0,87a	13,13bcd	12,76bc	86,28a
Penanganan ulang secara non-termal dengan perendaman dalam air berozon selama:	20	42,76ab	0,61a	14,51e	14,21d	87,62a
<i>Non-thermal reprocessing with immersion in water containing ozone for:</i>	40	40,57a	0,68a	13,71cde	13,71cd	87,20a
	60	44,52b	0,54a	13,84de	13,75bcd	87,83a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%. Hue = warna Hunter, L = kecerahan, a = merah-hijau, b = biru-kuning, C = nilai kroma.

Notes: The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level. Hue = Hunter's color, L = lightness, a = redness, b = yellowness, C = chroma value.

Proses penanganan ulang secara non-termal melalui perendaman menggunakan air yang diberi ozon telah menghasilkan biji lada putih dengan tingkat kecerahan (L) sekitar 40,56-44,52. Semakin bertambah lama waktu perendamannya, tingkat kecerahan biji lada putih yang dihasilkan semakin gelap. Hal ini dikarenakan terjadinya proses oksidasi oleh senyawa radikal hidroksil (OH $\cdot$) yang dihasilkan dari reaksi ozon dengan air sesuai persamaan kimia (1) (Yasui et al. 2019). Radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi ozon dengan air mampu bertindak sebagai oksidator yang kuat. Proses oksidasi ini akan merusak dinding lapisan luar biji lada putih sehingga menyebabkan tingkat kecerahan warnanya menjadi lebih gelap. Mekanisme reaksinya seperti tertera dalam persamaan reaksi berikut:



Selain itu, warna kehitaman pada lada disebabkan oleh aktivitas enzim fenoloksidase dalam reaksi pencoklatan enzimatis. Oksigen yang dihasilkan dari reaksi antara ozon dan air telah memicu enzim untuk mengkatalis senyawa fenol melalui reaksi hidroksilasi mono fenol menjadi odifenol dan oksidasi odifenol menjadi kuinon, yang selanjutnya mengalami polimerisasi membentuk senyawa polimer melanin yang berwarna gelap. Proses perendaman juga menyebabkan hilangnya turgiditas sel, sehingga komponen fenol sebagai substrat reaksi pencoklatan enzimatis yang terjadi sebelumnya akan terlepas keluar dan larut dalam air perendaman (Syakir et al., 2017).

Nilai *a* yang paling rendah tampak pada lada putih yang diberi perlakuan secara non-termal selama 60 menit, yang menunjukkan kecenderungan intensitas warna lebih kemerahan (kecoklatan). Nilai *a* dan kroma Hue menunjukkan tidak berbeda secara nyata antara sampel yang diberi perlakuan secara termal maupun non-termal dibandingkan dengan sampel kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan secara termal maupun non-termal tidak memengaruhi kecerahan lada putih. Nilai kroma yang lebih tinggi menunjukkan warna yang lebih terang, sedangkan nilai yang rendah menunjukkan warna yang lebih pucat (Swandari et al., 2017). Nilai Hue yang lebih rendah juga merupakan indikasi intensitas warna kemerahan/kecoklatan pada sampel lada putih. Nilai Hue pada Tabel 1 mengalami penurunan setelah proses penanganan ulang secara termal maupun non-termal dibandingkan kontrol.

Tabel 2 menunjukkan bahwa proses penanganan ulang secara termal dan non-termal berpengaruh secara signifikan terhadap sifat fisiknya. Nilai densitas kamba, persentase lada enteng dan

persentase benda asing pada masing-masing taraf berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%. Pada penanganan ulang secara termal, semakin lama waktu perlakuan mengakibatkan nilai densitas kamba, persentase lada kehitaman, dan persentase benda asing mengalami penurunan dengan nilai yang lebih kecil dibandingkan kontrol. Hal ini karena uap panas pada suhu 90-100 °C cukup efektif melepaskan material-material pengotor atau benda asing yang menempel pada biji lada putih. Namun untuk nilai densitas kamba, penanganan ulang secara non-termal menghasilkan nilai yang lebih besar dan berbeda nyata. Hal itu terjadi karena ozon sangat reaktif sehingga menyebabkan bagian permukaan biji lada terdegradasi, semakin lama terpapar dengan ozon maka akan semakin tinggi tingkat degradasinya. Terdegradasinya bagian permukaan biji lada menyebabkan mudah terjadinya proses penyerapan senyawa radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi antara ozon dengan air ke dalam biji lada. Hal ini seperti yang dinyatakan oleh Yan et al. (2020) bahwa mikropolutan senyawa logam akan mampu mengikat atau menyerap radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi ozon dengan air dengan cara radikal hidroksil tersebut mengisi pori-pori senyawa logam tersebut. Begitu pula Pan et al. (2020) menyebutkan bahwa semakin lama proses non-termal, maka semakin banyak jumlah hidroksil yang diserap oleh akar tanaman *E. sylvestris* yang difumigasi menggunakan ozon dengan konsentrasi tinggi sehingga menyebabkan densitas kambanya meningkat.

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada pengamatan persentase lada enteng (Tabel 2). Menurut Pan et al. (2020), gas ozon bersifat sangat reaktif dan menyebabkan porositas struktur material kontak mengalami penurunan. Semakin lama biji lada dialiri uap panas dan direndam dalam air berozon, maka jumlah lada enteng semakin meningkat. Perlakuan dengan ozon ini menyebabkan terjadinya pengikisan biji lada sehingga mengurangi porositas strukturnya. Biji lada akan mengalami kehilangan komponen ekstraktif, penurunan air dalam dinding sel, dan degradasi hemiselulosa (Estevers et al. 2008, Korkut et al. 2008 dalam Widyorini et al., 2014) serta menguapnya sejumlah material volatil dalam biji lada.

Hasil analisis kadar piperin dan minyak atsiri ditunjukkan pada Gambar 1. Proses penanganan ulang secara termal telah menyebabkan terjadinya penurunan kadar piperin lada putih. Hal tersebut terjadi karena adanya perlakuan secara termal (uap air pada suhu 90–100 °C selama 90 menit) yang menyebabkan sebagian komponen senyawa piperin terdegradasi dan kadar

piperin semakin berkurang (Sutamihardja et al. 2018). Begitu pula semakin lama perlakuan secara non-termal melalui perendaman dalam air berozon mengakibatkan biji lada semakin banyak menyerap air. Banyaknya jumlah air yang terserap oleh biji lada menyebabkan jumlah piperin dalam lada mengalami penurunan karena terhidrolisis menjadi asam piperat dan piperidin (Tiwaari et al. 2020). Reaksi hidrolisis ini terjadi karena

dipengaruhi oleh adanya aktivitas kapang khamir. Semakin tinggi kandungan air dalam biji lada maka sangat memungkinkan pertumbuhan kapang khamir yang semakin banyak sehingga jumlah enzim yang dihasilkan semakin meningkat. Semakin tinggi enzim yang dihasilkan, maka kadar piperin semakin sedikit (Sutamihardja et al., 2018).

Tabel 2. Karakteristik mutu fisik lada putih
Tabel 2. Characteristics of physical white pepper

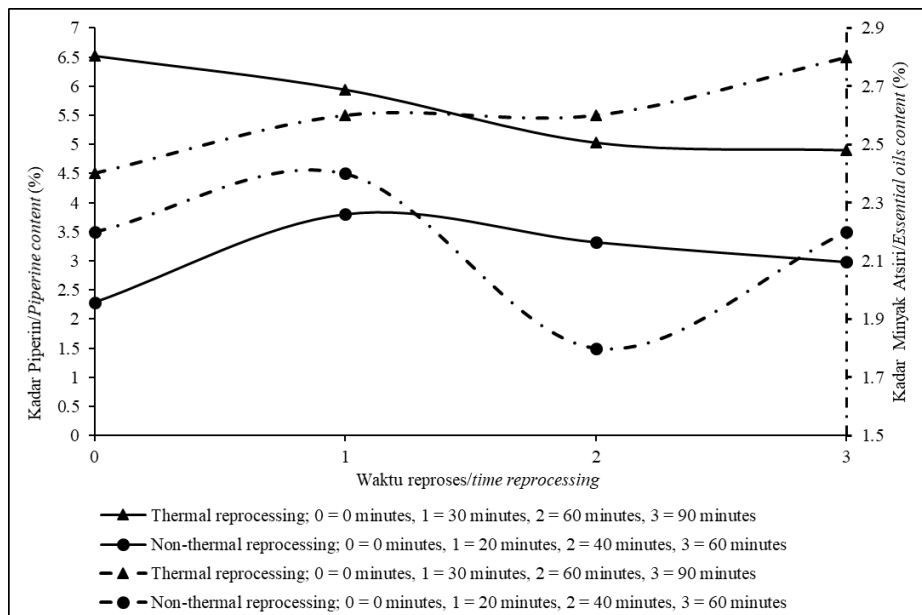
Perlakuan/Treatments Waktu/Time (menit/minutes)		Densitas kamba <i>Bulk density</i> (g/L)	Lada enteng <i>Light pepper</i> (%)	Lada kehitaman <i>Blackness</i> <i>pepper (%)</i>	Benda asing <i>Foreign</i> <i>matter (%)</i>
Kontrol (<i>control</i>)	-	575,00b	3,13b	4,12a	1,42bc
Penanganan ulang secara termal dengan uap panas 90-100 °C selama:	30	540,67a	4,40c	1,86a	0,39a
<i>Thermal reprocessing by steam heat at 90-100 °C for:</i>	60	534,67a	4,84c	2,88a	0,47a
	90	542,67a	6,10d	1,46a	0,45a
Kontrol (<i>control</i>)	-	606,79c	1,59a	3,90a	2,03d
Penanganan ulang secara non-termal dengan perendaman dalam air berozon selama:	20	623,37cd	1,71a	3,32a	1,16ab
<i>Non-thermal reprocessing with immersion in water containing ozone for:</i>	40	627,77cd	1,83a	3,32a	1,82bc
	60	632,60d	1,68a	2,65a	1,29bc
SNI		Min.600	Maks.2,00	Maks.2,00	Maks.2,00

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Notes: The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level.

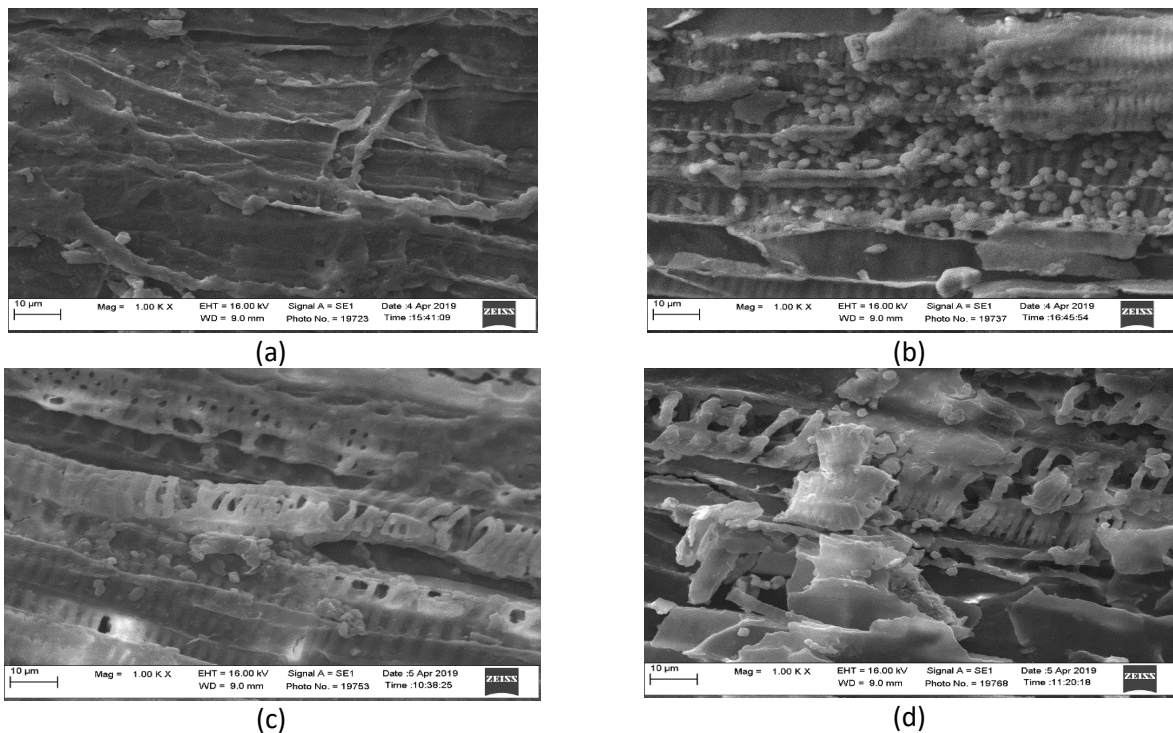
Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan biji lada putih secara termal menyebabkan peningkatan kadar minyak atsiri dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol). Waktu pengaliran uap panas yang semakin lama meningkatkan kadar minyak atsiri dari 2,4% sebelum perlakuan menjadi 2,6-2,8% setelah perlakuan. Syakir et al. (2017) menyebutkan bahwa proses sterilisasi lada putih dengan uap panas tidak mengurangi kadar minyak atsiri. Penanganan ulang secara termal menggunakan uap panas 90–100 °C telah mampu membuka lapisan bagian epidermis dan dinding sel biji lada, sehingga minyak atsiri yang bersifat mudah menguap (*volatile*) akan semakin mudah keluar saat diekstrak, seperti yang dilaporkan oleh Jayatunga and Amarasinghe (2019) bahwa perlakuan pemanasan pada biji lada hitam pada suhu 45-65 °C telah menyebabkan peningkatan jumlah minyak atsiri yang terekstrak. Semakin lama proses mengalirkan uap panas pada suhu 90–100 °C maka lapisan epidermis dan dinding sel biji lada yang terbuka akan semakin luas sehingga minyak atsiri akan semakin mudah diekstrak. Terjadinya perubahan struktur morfologi permukaan biji lada setelah perlakuan secara termal dapat dilihat dari hasil analisis SEM pada Gambar 2.

Gambar 2a menunjukkan bahwa struktur morfologi permukaan biji lada sebelum diproses melalui metode termal dalam kondisi halus/tidak berpori. Hal tersebut dimungkinkan karena biji lada putih masih terselimuti oleh kulit tengah (*mesocarp*) atau kulit dalam (*endocarp*) yang masih menempel. Setelah dilakukan proses termal pada suhu 90–100 °C selama 30 menit, Gambar 2b menunjukkan bahwa permukaan biji lada putih tampak bergelombang dan terdapat butiran-butiran kecil. Hal tersebut dimungkinkan telah meluruhnya lapisan kulit tengah (*mesocarp*) atau kulit dalam (*endocarp*) biji lada putih. Peningkatan lama waktu proses termal selama 60 dan 90 menit menunjukkan bahwa biji lada putih semakin kasar/bergelombang morfologi permukaannya. Gambar 2c dan 2d dapat dilihat bahwa pada kondisi perbesaran yang sama (1000X), morfologi permukaan biji lada semakin besar gelombang atau bagian lapisan yang bergaris-garis. Selain itu, bagian butiran-butiran kecil yang terdapat pada permukaan biji lada (Gambar 2b) tampak semakin berkurang jumlahnya. Dengan demikian lamanya waktu penanganan ulang biji lada putih secara termal telah mampu mengubah struktur morfologi permukaan biji lada putih.



Gambar 1. Nilai kadar piperin dan minyak atsiri lada putih. Setiap data pada grafik merupakan nilai rata-rata dari 3 kali ulangan.

Figure 1. Piperin and essential oil content of white pepper. Each of the data on the graph is an average of three repetitions.



Gambar 2. Morfologi permukaan biji lada putih pada perbesaran 1.000 X (a) kontrol, (b) penanganan ulang secara termal selama 30 menit, (c) penanganan ulang secara termal selama 60 menit, (d) penanganan ulang secara termal selama 90 menit.

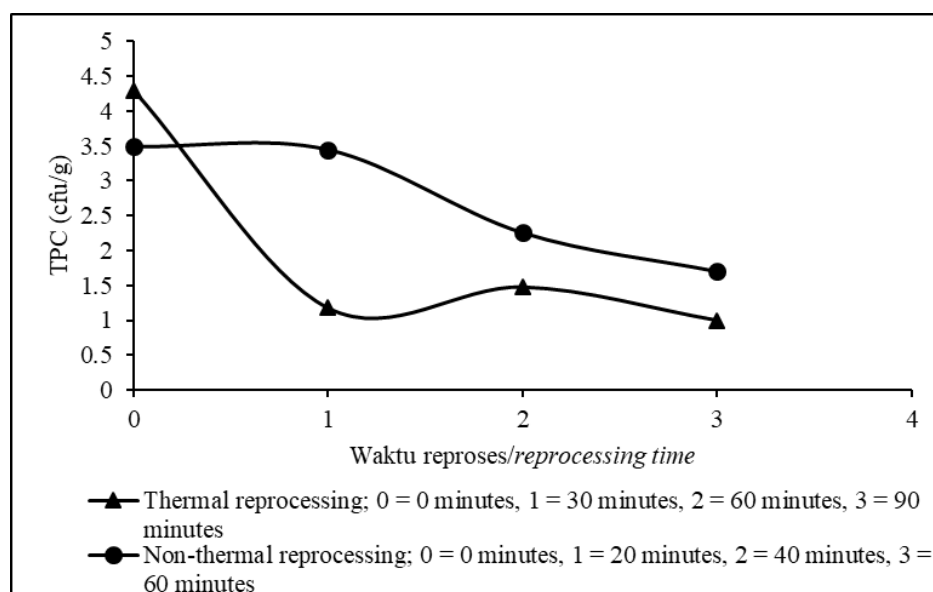
Figure 2. Surface morphology of white pipper at magnification 1.000 X (a) control, (b) thermal reprocessing for 30 minutes, (c) thermal reprocessing for 60 minutes, (d) thermal reprocessing for 90 minutes.

Selain itu, karena proses termal yang semakin lama telah menyebabkan kadar air biji lada semakin berkurang (Jayatunga and Amarasinghe 2019), sehingga uap minyak atsiri lebih mudah menembus sel-sel bagian dalam biji lada dan jumlah minyak atsiri yang tersuling lebih banyak dibandingkan yang dipanaskan dalam waktu lebih pendek. Ma'mun dalam Suryanto et al.,(2017) menyebutkan bahwa proses pengeringan dan pemanasan suatu bahan yang menyebabkan penguapan air dan bahan mengakibatkan sel-sel minyak pecah sehingga proses pengambilan atau penyulingan minyak menjadi lebih mudah.

Penanganan ulang secara non-termal melalui perendaman dalam air berozon belum efektif dalam meningkatkan jumlah minyak atsiri. Hal tersebut karena ozon yang bersifat reaktif mampu mengikis lapisan epidermis maupun dinding sel biji lada sehingga senyawa radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi ozon dengan air dapat terikat pada permukaan biji lada atau masuk ke dalam pori biji lada. Schmitt et al. (2020) menyebutkan bahwa radikal hidroksil yang dihasilkan dari ozonisasi dalam air limbah mampu mengikat senyawa-senyawa logam mikropolutan dengan cara mengisi pori-pori senyawa logam tersebut. Semakin lama waktu perendaman dalam air berozon maka semakin banyak senyawa hidroksil yang dihasilkan sehingga senyawa tersebut akan mengisi dan menutupi pori-pori permukaan biji lada (Schmitt et al. 2020). Akibatnya semakin lama penanganan ulang non-termal dilakukan maka kadar air biji lada semakin naik sehingga menghambat proses penguapan minyak atsiri pada saat proses penyulingan.

Pengaruh Penanganan Ulang Terhadap Kontaminan Mikroba

Usmiati dan Nurdjannah (2006) melaporkan bahwa lada putih hasil pengolahan petani di Kalimantan Timur mengandung mikroba tinggi mencapai $4,4 \times 10^7$ cfu/g, sehingga tidak memenuhi syarat mutu SNI. Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar TPC lada putih dari petani lada Bangka juga masih cukup tinggi sekitar 3,5 – 4,5 cfu/g sehingga perlu dilakukan proses penanganan ulang. Proses penanganan ulang secara termal dan non-termal efektif menurunkan kadar TPC lada asal petani hingga di bawah 3,5 cfu/g. Menurut Ferrentino and Spilimbergo (2011), level dekontaminasi mikroba yang diinginkan untuk rempah adalah dibawah 3 log *colony forming unit* (CFU/g). Semakin meningkat waktu proses penanganan, kadar TPC mengalami penurunan secara signifikan. Hal ini karena perlakuan secara termal, uap panas pada suhu 90-100 °C mampu membunuh mikroba-mikroba yang terdapat pada biji lada (Syakir et al. 2017). Sedangkan perlakuan secara non-termal, senyawa radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi ozon dengan air mampu meracuni mikroba sehingga tidak aktif. Menurut Brodowska et al. (2017), perlakuan mengalirkan gas ozon (20 g/m³) ke produk biji kapulaga dan biji buah pinus selama lebih dari 20 menit mampu menonaktifkan pertumbuhan mikroorganisme (*Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. pumilus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aspergillus niger*, *Eupenisillium cinnamopurpureum*).

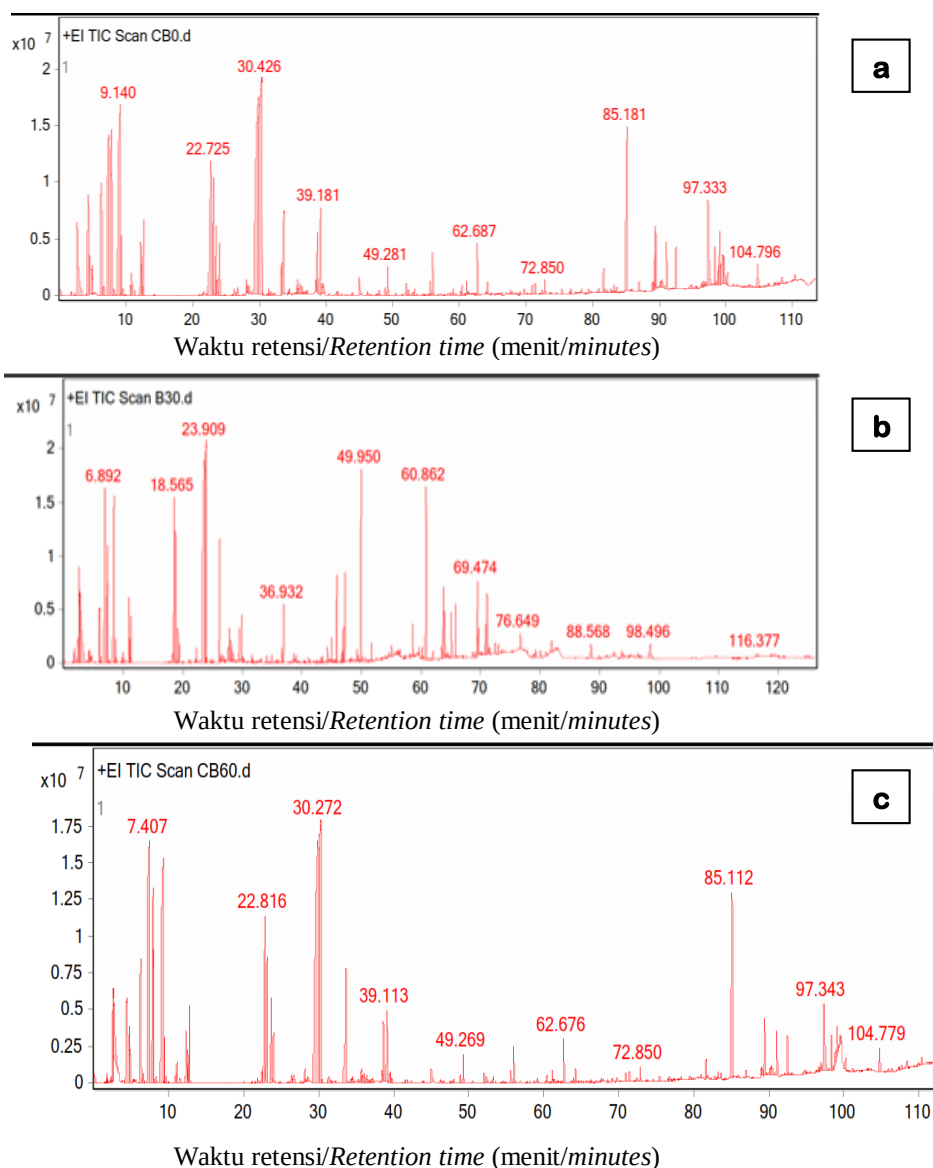


Gambar 3. Nilai *total plate count* lada putih. Setiap data pada grafik merupakan nilai rata-rata dari 3 kali ulangan.
Figure 3. Total plate count of white pepper. Each of the data on the graph is an average of three repetitions.

Pengaruh Penanganan Ulang Terhadap Kontaminan Bau Menyimpang

Keberadaan kontaminan berupa senyawa kimia penyebab bau menyimpang pada biji lada putih teridentifikasi pada lada putih sebelum dilakukan proses penanganan ulang yaitu pada waktu retensi GC-MS sekitar 28 menit (untuk asam propanoat), kisaran 44-45 menit (asam heksanoat), sekitar 50 menit (asam heptanoat), 55 menit (p-cresol) dan 72 menit (metil

indol). Senyawa-senyawa inilah yang menjadi penyebab timbulnya aroma bau menyimpang seperti aroma kotoran tinja pada lada putih. Menurut Steinhaus and Schieberle (2005), lada memiliki aroma menyerupai tinja karena mengandung senyawa-senyawa kimia yaitu metil indol dan metil fenol (*p*-cresol), sedangkan aroma bau busuk (*malodor*) akibat dari senyawa asam butanoat, asam pentanoat, asam heksanoat, asam 2-metil butanoat dan asam 3-metil butanoat.



Gambar 4. Kromatogram biji lada putih: (a) tanpa perlakuan, (b) penanganan ulang secara termal, (c) penanganan ulang secara non-termal.

Figure 4. Chromatogram of white pepper: (a) unreprocessing, (b) thermal reprocessing, (c) non-thermal reprocessing.

Gambar 4 menunjukkan suatu fragmentasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam lada putih, sedangkan besarnya limpahan senyawa-senyawa kimia penyebab bau menyimpang seperti bau busuk (*malador*) dan menyerupai kontoran tinja disampaikan pada Tabel 3. Proses pengolahan ulang lada putih secara termal dan non-termal cukup efektif dalam menurunkan tingkat kontaminan bau menyimpang. Semakin lama waktu untuk penanganan ulang maka limpahan senyawa-senyawa kimia penyebab bau menyimpang semakin menurun. Perlakuan secara termal telah mampu mengurangi bahkan menghilangkan senyawa asam propanoat, asam heksanoat, asam heptanoat, *p*-cresol, dan 3-metil indol yang berkontribusi mengeluarkan bau menyimpang. Begitu pula untuk perlakuan secara non-termal. Steinhaus and Schieberle (2005) menyebutkan bahwa senyawa bau menyimpang pada lada putih dan lada hitam dapat direduksi dengan perlakuan fermentasi. Perlakuan secara termal maupun non-termal juga telah

mampu mengurangi bahkan menghilangkan senyawa-senyawa kimia penyebab bau menyimpang pada lada putih. Namun berdasarkan Tabel 3, persentase limpahan senyawa kimia penyebab bau menyimpang yang muncul pada kromatogram, menunjukkan bahwa perlakuan secara termal lebih efektif dalam mereduksi senyawa kimia bau menyimpang dibandingkan secara non-termal.

Metode Penanganan Ulang Terbaik

Hasil pemeringkatan berdasarkan sifat fisiko-kimia biji lada putih yang dilakukan penanganan ulang secara termal dan non-termal diperoleh bahwa peringkat tertinggi diperoleh pada perlakuan secara termal selama 30 menit. Uji validasi terhadap biji lada putih secara termal selama 30 menit diperoleh karakteristik sifat fisiko-kimia seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Senyawa-senyawa kimia penyebab bau menyimpang pada lada putih

Table 3. *Off-flavor compounds of white pepper*

Perlakuan/Treatments Waktu/Time (menit/minutes)	% limpahan senyawa/% of Compound							
		Asam propanoat/ Propanoic acid	Asam butanoat/ Buthanoic acid	Asam pentanoat/ Pentanoic acid	Asam heksanoat/ Hexanoic acid	<i>p</i> -Cresol	Metil indol/ Methyl indole (skatole)	Asam heptanoat/ Heptanoic acid
Kontrol/control	-	1,61	0,00	0,00	2,74	1,35	0,46	0,27
Penanganan ulang secara termal, mengalirkan uap panas 90-100°C selama: <i>Thermal reprocessing by steam heat at 90-100 °C for:</i>	30	0,00	0,40	0,16	1,15	0,56	0,22	0,00
	60	0,00	0,00	0,00	2,01	0,43	0,00	0,00
	90	0,20	0,00	0,46	0,91	0,35	0,00	0,00
Penanganan ulang secara non-termal, perendaman dalam air ozon selama: <i>Non-thermal reprocessing with immersion in water containing ozone for:</i>	20	2,00	4,10	0,00	2,88	1,34	0,47	0,26
	40	2,07	3,81	0,00	2,97	1,46	0,51	0,25
	60	0,63	0,00	0,00	1,85	1,02	0,35	0,17

Tabel 4. Karakteristik biji lada putih hasil validasi menggunakan metode termal 30 menit

Table 4. *Characteristics of validation the white pepper using thermal method for 30 minutes*

Karakteristik/Characteristics	Hasil/Result	Kontrol/Control
Densitas Kamb/Kamb density (g/L)	593,04±7,67	614,24±5,79
Kadar lada enteng/Light pepper (%)	3,69±0,71	3,55±0,27
Kadar lada kehitaman/Blackness pepper (%)	0,75±0,26	0,81±0,62
Kadar benda asing/Foreign matter (%)	3,12±1,69	3,38±2,14
Kadar minyak atsiri/Essential oil content (%)	2,0	2,0
Warna/Color:		
L	36,85	40,13
a	2,81	1,87
b	16,61	16,87
C	16,85	16,97
Hue°	80,46	83,73
Kadar piperin/Piperine content (%)	3,49	4,77
Total Plate Count (CFU/g)	4,0 x 10 ¹	8,0 X 10 ¹

KESIMPULAN

Penanganan ulang (reproses) terhadap lada putih hasil penanganan secara tradisional, yang dilakukan dengan pendekatan termal menggunakan uap panas maupun secara non-termal menggunakan air berozon terbukti mampu memperbaiki mutu fisik, menurunkan kontaminan mikroba dan menekan bau menyimpang pada lada putih. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan termal selama 30 menit yang mampu meningkatkan mutu biji lada putih sesuai mutu SNI kelas II, mampu menekan kontaminan mikroba dan bau menyimpang secara maksimal. Proses penanganan ulang secara termal ini juga mampu menurunkan persentase senyawa kimia penyebab kontaminan bau menyimpang yang menyerupai bau tinja dan apek, yaitu senyawa asam heksanoat, *p*-cresol, dan 3-metil indol. Sedangkan limpahan senyawa asam propanoat dan asam heptanoat tidak terdeteksi lagi oleh instrumen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kirana Sanggrami S., M.Si., Imia Ribka B., S.T., Ermi Sukasih, M.Si., Ir. Tatang Hidayat, M.S., dan tim teknisi Balai Besar Litbang Pascapanen yang telah membantu terlaksananya kegiatan penelitian ini.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Dalam artikel ini Kendri Wahyuningsih, Christina Winarti, Hernani dan Sari Intan Kailaku berperan sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Aafia, S., Rouf, A., Kanojia, V., and Ayas, Q. (2018) Ozone Treatment in Prolongation of Shelf Life of Temperate and Tropical Fruits, *Int. J. Pure App. Biosci.*, 6(2), pp. 298–303.
- Brodowska, A. J., Nowak, A., Kondratiuk-Janyska, A., Piatkowski, M., and Smigielski, K. (2017) Modelling the Ozone-Based Treatments for Inactivation of Microorganisms, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 (1196), pp. 1–15. doi: 10.3390/ijerph14101196.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2018) Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman (Ribu Ton) Tahun 2017-2019. Jakarta.
- Ferrentino, G. and Spilimbergo, S. (2011) High pressure carbon dioxide pasteurization of solid foods: Current knowledge and future outlooks, *Trends in Food Science & Technology*. Elsevier Ltd, 22(8), pp. 427–441. doi: 10.1016/j.tifs.2011.04.009.
- Jayatunga, G.K. and Amarasinghe, B.M.W.P.K. (2019) Drying kinetics, quality and moisture diffusivity of spouted bed dried Sri Lankan black pepper, *Journal of Food Engineering*. Elsevier, 263, pp. 38–45, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.023>.
- Karamah, E. F., Najeges, R. R. and Zahirsyah, M. Z. (2019) The influence of ozone dosage, exposure time and contact temperature of ozone in controlling food quality (case study: tofu), in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 13th Joint Conference on Chemistry*, pp. 1–10. doi: 10.1088/1757-899X/509/1/012117.
- Liu, C., Ma, T., Hu, W., Tian, M., and Sun, L. (2016) Effects of aqueous ozone treatments on microbial load reduction and shelf life extension of fresh-cut apple, *International Journal of Food Science and Technology*, pp. 1–11. doi: 10.1111/ijfs.13078.
- Meilgaard, M., Civille, G. and Carr, B. (1999) *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd edn. New York: CRC Press.
- Pan, L., Lin, W., Yu, M., Lie, G., Xue, L., and Chen, H. (2020) Effects of Elevated Ozone Concentrations on Root Characteristics and Soil Properties of *Elaeocarpus sylvestris* and *Michelia chapensis*, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer US, pp. 1–7. doi: 10.1007/s00128-020-02832-x.
- Risfaheri (2012) Diversification products for increasing value added of pepper (*Piper nigrum*), *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 8(1), pp. 15–26.
- Ruth, S. M. Van, Silvis, I.C.J., Ramos, M.E., Luning, P.A., Jansen, M., Elliott, C.T., and Alewijn, M. (2019) A cool comparison of black and white pepper grades, *LWT-Food Science and Technology*. Elsevier, 106, pp. 122–127. doi: 10.1016/j.lwt.2019.02.054.
- Schmitt, A., Mendret, J., Roustan, M., and Brosillon, S. (2020) Ozonation using hollow fiber contactor technology and its perspectives for micropollutants removal in water: A review, *Science of the Total Environment*. Elsevier, 729, pp.1-21. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138664.
- Sembiring, B. S. and Hidayat, T. (2012) Quality Changes of Dehydrated Green Pepper during

- Storage in Three Packaging Types and Temperature Levels, *Jurnal Littri*, 18(3), pp. 115–124.
- Steinhaus, M. and Schieberle, P. (2005) Characterization of Odorants Causing an Atypical Aroma in White Pepper Powder (*Piper nigrum* L.) Based on Quantitative Measurements and Orthonasal Breakthrough Thresholds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, pp. 6049–6055.
- Suryanto, Sulaeman, R. and Budiani, E. S. (2017) The Effect of Drying Pattern the Yield And Quality of Essential Oil of Pucuk Merah Leaves (*Syzygium oleana*), *JOM Faperta UR*, 4(1), pp. 1–8.
- Sutamihardja, R., Yuliani, N. and Rosani, O. (2018) Optimization of Drying Temperature Using Oven on Quality of Black Pepper and White Pepper Powder Pepper, *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 8(2), pp. 80–86.
- Swandari, T., Basunanda, P. and Aziz-Purwantoro (2017) Application of Colour Sensors to Estimate Degree of Gene Dominance Encodes Colour of Chili-Pepper Fruits Progeny, *Jurnal Agroteknologi*, pp. 40–49.
- Syakir, M., Hidayat, T. and Maya, R. (2017) Quality characteristics of white pepper granules and powder that produced by semi-mechanical processing at farmer level, *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(3), pp. 134–143.
- Tiwari, A., Mahadik, K. R., and Gabhe, S. Y. (2020) Piperine: A comprehensive review of methods of isolation, purification, and biological properties, *Medicine in Drug Discovery*. Elsevier, 7, pp. 1–21, <https://doi.org/10.1016/j.medidd.2020.100027>.
- Usmiati, S. and Nurdjannah (2006) Pepper skin decorticating process using pectinase enzyme Soaking, *Jurnal Littri*, 12(2), pp. 80–86.
- Vinod, V., Kumar, A. and Zachariah, T. J. (2014) Isolation, characterization and identification of pericarp-degrading bacteria for the production of off-odour-free white pepper from fresh berries, *Journal of Applied Microbiology*, 116, pp. 890–902. doi: 10.1111/jam.12431.
- Weil, M., Sing, A.S.C., Meot, J.M., Boulanger, R., and Bohuon, P. (2017) Impact of blanching, sweating and drying operations on pungency, aroma and color of Piper borbonense, *Food Chemistry*, 219, pp. 274–281.
- Widyorini, R., Khotimah, K. and Prayitno, T. A. (2014) Pengaruh Suhu dan Metode Perlakuan Panas Terhadap Sifat Fisika dan Kualitas Finishing Kayu Mahoni, *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 8(2), pp. 65–74.
- Wu, Q., Zhu, X., Gao, H., Zhang, Z., Zhu, H., Duan, X., Qu, H., Yun, Z., and Jiang, Y. (2019) Comparative profiling of primary metabolites and volatile compounds in Satsuma mandarin peel after ozone treatment, *Postharvest Biology and Technology*. Elsevier, 153, pp. 1–12. doi: 10.1016/j.postharvbio.2019.03.008.
- Yan, P., Shen, J., Zhou, Y., Yuan, L., Kang, J., Wang, S., dan Chen, Z. (2020) Interface mechanism of catalytic ozonation in an $\alpha\text{-Fe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{OOH}$ aqueous suspension for the removal of iohexol, *Applied Catalysis B: Environmental*. Elsevier, 277, pp. 1–12, doi: 10.1016/j.apcatb.2020.119055.
- Yasui, K., Tuziuti, T., and Kanematsu, W. (2019) Mechanism of OH radical production from ozone bubbles in water after stopping cavitation, *Ultrasonics – Sonochemistry*. Elsevier, 58, pp. 1–9, doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.104707.