

KARAKTERISTIK MUTU LADA PUTIH BUTIRAN DAN BUBUK YANG DIHASILKAN MELALUI PENGOLAHAN SEMI MEKANIS DI TINGKAT PETANI

Muhammad Syakir¹, Tatang Hidayat² dan Ria Maya³

1 Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

Jl. Tentara Pelajar No. 1, Cimanggu, Bogor 16114

2 Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16114

3 Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kepulauan Bangka Belitung

Jl. Mentok Km.4, Pangkal Pinang, 33134

Email : hidayat_pasca@yahoo.com

(Diterima 04-11-2017, Disetujui 30-12-2017)

ABSTRAK

Masalah pada pengolahan lada putih secara tradisional adalah adanya kontaminasi mikroba patogen yang tinggi, bau busuk dan lumpur (*off-flavor*) serta aroma yang kurang tajam pada lada putih yang dihasilkan sebagai akibat perendaman yang terlalu lama. Penelitian ini bertujuan untuk : 1) mengkaji proses pengolahan lada putih butiran semi mekanis di tingkat petani untuk meningkatkan mutu mikrobiologi dan *flavor*, dan 2) mengkaji proses pembuatan lada putih bubuk dengan bahan baku hasil pengolahan lada putih semi mekanis. Perlakuan yang dikaji pada kegiatan pertama, yaitu lama perendaman buah lada (5 dan 14 hari) dan penggantian air perendam dengan pembandingan cara pengolahan lada tradisional (perendaman dalam air mengalir selama 14 hari). Perlakuan yang dikaji pada kegiatan kedua, yaitu sterilisasi lada putih dengan uap panas 90–100°C selama 30, 40, 50 dan 60 menit. Seluruh perlakuan masing-masing diulang sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan waktu perendaman buah lada dan penggantian air rendaman dalam pengolahan lada putih semi mekanis berpengaruh nyata terhadap nilai TPC, warna, dan bau. Pengolahan lada putih semi mekanis terbaik adalah perlakuan yang menerapkan penggantian air rendaman dalam proses perendamannya dengan waktu perendaman selama 5 hari. Lada putih yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu SNI dan IPC. Pada pembuatan lada putih bubuk, waktu sterilisasi berpengaruh nyata terhadap nilai TPC, kadar minyak atsiri, dan warna. Lada putih bubuk terbaik diperoleh dari perlakuan sterilisasi selama 30 menit. Dengan melakukan pengolahan lada putih semi-mekanis di tingkat petani yang dikombinasikan dengan penggantian air perendam maka mutu lada putih dapat ditingkatkan dengan waktu pengolahan yang jauh lebih singkat. Selanjutnya dengan melakukan sterilisasi lada putih hasil pengolahan semi mekanis selama 30 menit, nilai TPC lada putih bubuk dapat diturunkan dengan tanpa mengurangi kadar minyak atsiri sehingga lada putih bubuk lebih aman dikonsumsi.

Kata kunci: lada putih butiran, lada putih bubuk, pengolahan semi mekanis, sterilisasi

ABSTRACT

Muhammad Syakir, Tatang Hidayat, and Ria Maya, 2017. Quality characteristics of white pepper granules and powder that produced by semi-mechanical processing at farmer level.

The traditional white pepper processing problem is the presence of high pathogenic microbial contamination, off-flavor odor and less sharp aroma in white pepper produced as a result of prolonged soaking. The objective of this research was : 1) to study the semi-mechanical processing of white pepper granules at farmer level to improve the quality of microbiology and flavor, and 2) to study the making process of white pepper powder by using the raw material from semi-mechanical white pepper processing. The treatments studied in the first activity, namely the duration of soaking of pepper berries (5 and 14 days) and the substitution of water with the comparison of traditional pepper processing. The treatment studied in the second activity, ie white pepper sterilization using steam at 90 – 100°C temperature for 30, 40, 50, and 60 minutes before powdered. All treatments were repeated 3 times. The results showed that soaking time of pepper berries and replacement of soaking water in the processing of semi-mechanical white pepper had significant effect to TPC, color, and odor. The best semi-mechanical processing method of white pepper was semi mechanical which applies the

Karakteristik Mutu Lada Putih Butiran dan Bubuk yang Dihasilkan melalui Pengolahan Semi Mekanis di Tingkat Petani (Muhammad Syakir *et al*)

replacement of soaking water with 5 days period. The white pepper meets the quality requirements of SNI and IPC. In the processing of white pepper powder, time of sterilization had significant effects to TPC, essential oil content, and color. The best white pepper powder was obtained from the sterilization treatment for 30 minutes. Therefore, by processing a semi-mechanical white pepper at farm level combined with a submerged water replacement, the quality of white pepper can be increased by a much shorter processing time. Furthermore, by sterilizing white pepper semi-mechanical processing for 30 minutes, the TPC of white pepper powder can be reduced by without reducing levels of essential oils so white pepper powder is safer to consume.

Keywords : white pepper granule, white pepper powder, semi-mechanical processing, sterilization

PENDAHULUAN

Lada merupakan salah satu komoditas sub sektor perkebunan yang telah memberikan kontribusi nyata sebagai sumber devisa, sumber pendapatan petani dan penyedia lapangan kerja. Sampai saat ini pengolahan lada putih butiran (selanjutnya disebut lada putih) di tingkat petani masih dilakukan secara tradisional. Buah lada dipanen pada umur 8 – 9 bulan, kemudian dimasukkan ke dalam karung dan direndam dalam air (kolam, selokan atau sungai) selama 12 – 14 hari. Selama perendaman terjadi pelunakan dan pembusukan kulit luar sehingga kulit buah lada mudah dilepaskan dari bijinya. Kulit buah lada dilepaskan dengan cara diinjak-injak, kemudian dicuci dan dikeringkan.

Masalah pada lada putih hasil pengolahan tradisional adalah kontaminasi mikroba yang tinggi akibat perendaman yang terlalu lama, termasuk adanya mikroba patogen seperti *Salmonella* dan *Escherchia coli*. Hasil penelitian Usmiati dan Nurdjannah¹, lada putih hasil pengolahan petani di Kalimantan Timur mengandung mikroba yang tinggi mencapai $4,4 \times 10^7$ cfu/g, sehingga tidak memenuhi syarat mutu ekspor. Beberapa sampel lada putih yang diperoleh dari petani dan eksportir di Bangka positif mengandung bakteri *E. coli*¹. Kontaminasi mikroba tersebut menyebabkan beberapa kali produk lada putih Indonesia diklaim oleh *Food and Drug Administration* (FDA) di Amerika Serikat.

Kontaminasi mikroba pada lada putih tidak hanya terjadi di Indonesia, namun terjadi hampir di semua negara produsen lada karena sebagian besar masih menggunakan cara tradisional dalam proses pengolahannya dengan kondisi kebersihan yang berbeda. Freire *et al*², menemukan 42 spesies jamur yang mengkontaminasi lada putih dan hitam di Brazil, diantaranya *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *Emericella nidulans*, *Penicillium brevicompactum*, *P. citrinum*. Pertumbuhan jamur pada lada menyebabkan masalah serius karena berpotensi menghasilkan mikotoksin seperti aflatoksin dan okratoksin³. Hasil analisis 120 sampel lada putih dan hitam di Malaysia, baik dalam bentuk butiran maupun bubuk yang diperoleh dari supermarket (bentuk

kemasan) dan pasar (bentuk curah) menunjukkan bahwa 47,5% terkontaminasi okratoksin A berkisar 0,15 – 13,58 ng/g, dimana 33,3% diantaranya mengandung okratoksin A melebihi batas maksimum (5 ng/g) yang ditentukan di Malaysia⁴.

Perendaman buah lada yang terlalu lama juga mengakibatkan lada putih yang dihasilkan berbau busuk dan lumpur (*off-flavor*) serta aroma berkurang karena hilangnya sebagian minyak atsiri. Menurut Steinhilber dan Schieberle⁵, senyawa *off-flavor* pada lada putih yang terbentuk selama proses perendaman adalah *3-methylindole* dan *4-methylphenol*. Pada lada segar dan lada hitam yang diproses tanpa melalui tahapan perendaman, kedua senyawa *off-flavor* menunjukkan konsentrasi yang sangat rendah⁶, sehingga dipastikan bahwa pembentukan senyawa *off-flavor* terjadi selama proses perendaman buah lada.

Pengolahan lada putih semi mekanis yang menerapkan alat atau mesin pada sebagian tahap prosesnya, antara lain pada proses perontokkan dan pengupasan buah lada diharapkan dapat mengatasi permasalahan kontaminasi mikroba dan *off-flavor*. Hal ini karena penggunaan alat atau mesin pengupasan buah lada dapat mempersingkat waktu perendaman. Hasil penelitian Hidayat dan Risfaheri⁷, menunjukkan bahwa penerapan mesin perontok dan pengupas buah lada dalam pengolahan lada putih dapat mempersingkat waktu perendaman menjadi sekitar 4 hari. Penelitian Hasaman *et al.*⁸, menunjukkan bahwa pengupasan buah lada dengan mesin pengupas terbaik diperoleh pada perendaman selama 6 hari. Ashari *et al.*⁹, mengintegrasikan mesin pengupas buah lada dengan larutan enzimatis untuk proses perendamannya. Dengan cara tersebut, proses perendaman memerlukan waktu 5 hari untuk menghasilkan lada putih bermutu baik. Hasil penelitian Ibrahim *et al.*¹⁰, menunjukkan bahwa integrasi mesin perontok dan pengupas buah lada serta larutan perendam enzimatis dapat mempersingkat waktu perendaman menjadi 3 hari.

Berdasarkan hal tersebut di atas, proses pengupasan buah lada pada pengolahan lada putih semi mekanis (dengan mesin pengupas) sudah dapat dilakukan dengan baik setelah perendaman selama 5 hari. Sedangkan pada

pengolahan lada tradisional proses pengupasan yang baik dapat dilakukan setelah perendaman selama 12 – 14 hari. Menurut Steinhaus dan Schieberle⁵, senyawa *off-flavor* pada lada putih dibentuk mulai hari ke-3 pada proses perendaman, dan pembentukan senyawa *off-flavor* terus terus berlanjut namun masih relatif rendah sampai dengan perendaman hari ke-5. Oleh karena itu, dengan melakukan penggantian air perendam mulai hari ke-3 selama proses perendaman diharapkan pembentukan senyawa *off-flavor* pada lada putih dapat diminimalkan.

Lada putih banyak digunakan sebagai penambah cita rasa makanan dengan cara dikonsumsi langsung dalam bentuk bubuk. Pemanfaatan lada putih hasil pengolahan tradisional menjadi lada bubuk banyak terkendala pada aspek keamanan pangan. Produk lada bubuk di dalam negeri, umumnya dihasilkan dengan cara menggiling lada putih butiran tanpa melalui proses pengurangan kontaminasi mikroba. Lada bubuk tersebut umumnya tidak memenuhi persyaratan keamanan pangan karena kandungan mikrobanya cukup tinggi bila dikonsumsi langsung.

Beberapa metode yang telah dikembangkan untuk mengurangi kontaminasi mikroba pada rempah-rempah, yaitu fumigasi dengan etilen oksida, perlakuan uap panas (sterilisasi), iradiasi, dan *hydrostatic pressure*^{3,11,12}. Namun saat ini, penggunaan etilen oksida untuk fumigasi dibatasi dan bahkan dilarang di Uni Eropa, sedangkan penggunaan iradiasi untuk pangan masih banyak pihak yang bereaksi negatif^{11,12}. Perlakuan sterilisasi sebelum penggilingan cukup efektif mematikan bakteri patogen dan mengurangi total bakteri dalam produk rempah-rempah¹². Lada putih bubuk yang diolah dengan sterilisasi akan mudah diterima konsumen, karena prosesnya tidak melibatkan penggunaan bahan kimia³. Namun demikian, lada putih mengandung minyak atsiri yang merupakan komponen mudah menguap (*volatile*). Dengan melakukan optimasi kondisi sterilisasi antara lain suhu dan lama sterilisasi diharapkan bakteri patogen dan total bakteri dalam produk lada putih bubuk dapat diminimalkan dengan tanpa mengurangi kandungan minyak atsiri secara signifikan.

Kajian teknologi pengolahan lada putih semi mekanis yang dikembangkan masih terbatas pada aspek mutu fisik lada putih, sehingga masih memerlukan berbagai kajian terutama dalam aspek mutu fisiko-kimia dan mikrobiologi dalam penerapannya langsung di tingkat petani. Selain, perlu dilakukan kajian pembuatan lada putih bubuk dengan bahan baku lada putih (butiran) yang dihasilkan dari proses pengolahan semi mekanis. Penelitian ini bertujuan : 1) Mengkaji proses pengolahan lada putih semi mekanis di tingkat petani dengan menerapkan perlakuan lama perendaman dan

penggantian air untuk meningkatkan mutu fisiko-kimia dan mikrobiologi, dan 2) Mengkaji proses pembuatan lada putih bubuk dengan menerapkan perlakuan lama sterilisasi menggunakan bahan baku hasil pengolahan semi mekanis.

BAHAN DAN METODE

Lokasi kegiatan penelitian untuk pengolahan lada putih dilakukan di lokasi petani di Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dan penelitian pengolahan lada putih bubuk di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kepulauan Bangka-Belitung. Analisis mutu produk dilakukan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.

Bahan penelitian yang digunakan terdiri atas buah lada varietas Chunuk yang diperoleh dari petani dan bahan kimia untuk analisis mutu. Peralatan yang digunakan terdiri atas peralatan pengolahan lada putih semi mekanis (mesin perontok dan pengupas), dan peralatan untuk analisis mutu. Sarana dan peralatan pengolahan lada putih disiapkan di kelompok tani yang berlokasi di Desa Kundi, Kecamatan Simpang Teritip, Kabupaten Bangka Barat dengan kapasitas 500 kg bahan baku per *batch*.

Kegiatan penelitian ini terdiri atas dua kegiatan utama, yaitu : 1) Kajian pengolahan lada putih semi mekanis di tingkat petani untuk meningkatkan mutumikrobiologi dan *flavor*, dan 2) Kajian pembuatan lada putih bubuk dengan menggunakan bahan baku hasil pengolahan lada putih semi mekanis.

A. Kajian pengolahan lada putih semi mekanis di tingkat petani untuk meningkatkan mutumikrobiologi dan *flavor*

Buah lada dipanen pada umur 8 – 9 bulan yang ditandai dengan warna kulit kekuningan sampai dengan kemerahan. Pada cara tradisional sebagai kontrol, buah lada hasil panen bersama tangkainya dimasukkan dalam karung kemudian direndam dalam air mengalir selama 14 hari. Kemudian buah lada dikupas dari kulitnya dengan cara diinjak-injak dan selanjutnya dikeringkan dengan sinar matahari sampai kadar air $\pm 13\%$.

Pada pengolahan lada putih semi mekanis, tahapan pengolahan buah lada setelah dipanen, terdiri atas : a) perontokkan buah lada dengan mesin perontok kapasitas 600-700 kg/jam, b) perendaman buah lada yang telah terontok dari tangkainya dalam air menggunakan bak perendam sampai seluruh buah lada terendam, c) penggantian air sebanyak setengah dari jumlah air

Karakteristik Mutu Lada Putih Butiran dan Bubuk yang Dihasilkan melalui Pengolahan Semi Mekanis di Tingkat Petani (Muhammad Syakir *et al*)

Tabel 1. Perlakuan pengolahan lada putih
Table 1. Treatment of white pepper processing

No	Perlakuan/ Treatment	Keterangan/Note
1.	Tradisional/cara petani (kontrol) <i>Traditional/farmer method (control)</i>	Lama perendaman 14 hari / perendaman dalam air mengalir <i>Soaking time 14 days / soaking in running water</i>
2.	Semi mekanis-1 (SM-14/TP) <i>Semi mechanical-1 (SM-14/TP)</i>	Lama perendaman 14 hari / tanpa penggantian air rendaman <i>Soaking time 14 days / without replacement of soaking water</i>
3.	Semi mekanis-2 (SM-14/DP) <i>Semi mechanical-2 (SM-14/DP)</i>	Lama perendaman 14 hari / dengan penggantian air rendaman <i>Soaking time 14 days / by replacement of soaking water</i>
4.	Semi mekanis-3 (SM-5/TP) <i>Semi mechanical-3 (SM-5/TP)</i>	Lama perendaman 5 hari / tanpa penggantian air rendaman <i>Soaking time 5 days / without replacement of soaking water</i>
5.	Semi mekanis-4 (SM-5/DP) <i>Semi mechanical-4 (SM-5/DP)</i>	Lama perendaman 5 hari/dengan penggantian air rendaman <i>Soaking time 5 days / by replacement of soaking water</i>

perendam setiap dua hari mulai pada hari ketiga, d) pengupasan buah lada dengan mesin pengupas kapasitas 350 – 400 kg/jam, e) pemisahan kulit dengan biji lada hasil pengupasan menggunakan ayakan, dan f) pengeringan dengan sinar matahari sampai dengan kadar air \pm 13%.

Kajian perlakuan pada kegiatan ini adalah lama perendaman buah lada dan penggantian air perendam dengan pengolahan lada secara tradisional sebagai kontrol, seperti disajikan pada Tabel 1. Jumlah bahan baku (buah lada) untuk setiap perlakuan sebanyak \pm 50 kg. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dan setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan SPSS versi 21. Setiap perlakuan yang memberikan pengaruh nyata ($F > F_{tab}$), dilakukan uji lanjut dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT).

Parameter yang diamati adalah mutu lada putih yang meliputi sifat fisiko-kimia (warna, kadar minyak atsiri, dan bau/odor) serta mutu mikrobiologi (total mikroba (TPC), *E. coli* dan *Salmonella*). Warna lada putih (koordinat warna L^* , a^* , b^*) diukur dengan chromameter Minolta CR-400, selanjutnya dihitung nilai total perbedaan warna dengan persamaan $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + \Delta b^*]^{1/2}$ dan nilai hue dengan persamaan $H = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ 13. Total perbedaan warna antara perlakuan dengan kontrol diklasifikasikan berdasarkan nilai ΔE , sebagai berikut : tidak terlihat (0 – 0,5), sedikit terlihat (0,5 – 1,5), terlihat (1,5 – 3,0), terlihat jelas (3,0 – 6,0) dan besar (6,0 – 12,0)14. Kadar minyak atsiri diukur dengan metode distilasi (%MA=volume minyak (ml)/bobot sampel (g)) (SNI 0004:2013), sedangkan bau/odor ditentukan secara kualitatif dengan membedakan ada tidaknya bau *off-flavor*. Nilai total mikroba (TPC) ditentukan dengan metode SNI 01-2332.3-2006, sedangkan *E. coli* dan *Salmonella* ditentukan dengan metode SNI 0004:2013.

B. Kajian pembuatan lada putih bubuk dengan menggunakan bahan baku hasil pengolahan lada putih semi mekanis

Bahan baku untuk pengolahan lada putih bubuk disiapkan berdasarkan hasil terbaik dari kajian pertama. Perlakuan yang dikaji dalam pembuatan lada putih bubuk, yaitu : 1) Tanpa sterilisasi, (2) Sterilisasi dengan uap panas 90–100°C selama 30, 40, 50 dan 60 menit. Proses sterilisasi dilakukan terhadap lada putih sebelum dibuat lada bubuk. Proses sterilisasi menggunakan peralatan penghasil uap panas (tanpa tekanan), dengan jumlah bahan sebanyak 10 kg. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dan setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan SPSS versi 21. Setiap perlakuan yang memberikan pengaruh nyata ($F > F_{tab}$), dilakukan uji lanjut dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT). Parameter yang diamati adalah mutu lada putih bubuk yang meliputi sifat fisiko-kimia (warna dan kadar minyak atsiri) serta mutu mikrobiologi (total mikroba (TPC), *E. coli*, dan *Salmonella*). Metode analisis untuk masing-masing parameter sama seperti yang telah dipaparkan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kajian pengolahan lada putih semi mekanis di tingkat petani untuk meningkatkan mutu mikrobiologi dan *flavor*

1. Mutu mikrobiologi

TPC lada putih yang dihasilkan dari pengolahan semi mekanis berkisar antara 10 – 4,1 x 10³ cfu/g, lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan lada putih tradisional (kontrol), yaitu sebesar 2,4 x 10⁴

Tabel 2. Kontaminasi mikroba pada lada putih yang dihasilkan dari pengolahan tradisional dan semi mekanis
 Table 2. Microbial contamination of white pepper produced from traditional and semi-mechanical pepper process

Perlakuan Treatment	Kontaminasi mikroba Microbial contamination		
	TPC(cfu/g)	<i>E.coli</i> (NPM/g)	<i>Salmonella</i>
Tradisional/cara petani (kontrol) <i>Traditional/farmer method (control)</i>	2,4 x 10 ⁴ c	<3	Negatif <i>Negative</i>
Semi mekanis-1 (SM-14/TP) <i>Semi mechanical -1 (SM-14/TP)</i>	4,1 x 10 ³ b	< 3	Negatif <i>Negative</i>
Semi mekanis-2 (SM-14/DP) <i>Semi mechanical -2 (SM-14/DP)</i>	10a	< 3	Negatif <i>Negative</i>
Semi mekanis-3 (SM-5/TP) <i>Semi mechanical -3 (SM-5/TP)</i>	2 x 10 ¹ a	< 3	Negatif <i>Negative</i>
Semi mekanis-4 (SM-5/DP) <i>Semi mechanical -4 (SM-5/DP)</i>	2 x 10 ² a	< 3	Negatif <i>Negative</i>

Keterangan/Remarks: Catatan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan/*The number followed by the same letter in the same column indicates no differ significantly at the 5% level according to the Duncan*

cfu/g (Tabel 2). Pengolahan lada putih semi mekanis yang menerapkan penggantian air dalam proses perendamannya dapat menghasilkan lada putih dengan TPC yang lebih rendah ($10 - 2 \times 10^2$ cfu/g), dibandingkan dengan tanpa penggantian air, yaitu sebesar $2 \times 10^1 - 4,1 \times 10^3$ cfu/g. Hasil yang diperoleh tersebut serupa dengan hasil penelitian Nurdjannah¹⁵, bahwa penggantian air sebanyak setengah dari jumlah air rendaman setiap dua hari mulai pada hari ketiga selain dapat mengefisienkan penggunaan air juga dapat meningkatkan mutu lada putih. Nilai TPC yang dihasilkan dari penelitian tersebut berkisar $5,71 \times 10^2 - 1,43 \times 10^3$ cfu/g, jamur/kapang $1,3 \times 10^3$ cfu/g, Coliform $2,7 \times 10^3$ cfu/g, dan *Salmonella* sp negatif.

Lama perendaman buah lada berpengaruh nyata terhadap kandungan TPC lada putih dengan nilai TPC tertinggi pada perlakuan perendaman selama 14 hari dengan tanpa penggantian air (Tabel 2). Hasil penelitian Usmiati dan Nurdjannah¹, menunjukkan bahwa semakin lama proses perendaman kandungan TPC lada putih cenderung meningkat. Namun demikian, kandungan TPC lada putih yang tinggi dapat diturunkan jika perendamannya menggunakan proses penggantian air (Tabel 2). Hasil penelitian Ashari⁹, menunjukkan bahwa integrasi mesin pengupas buah lada dengan perendaman buah lada dalam larutan enzimatis secara signifikan dapat mempersingkat waktu perendaman menjadi hanya 5 hari dan menurunkan kandungan TPC lada putih dari 1014 cfu/1.000 g pada cara tradisional menjadi hanya 10 cfu/1.000 g.

Kontaminasi mikroba pada lada putih disebabkan oleh terjadinya proses pembusukan kulit buah lada. Kulit buah lada mengandung berbagai komponen antara lain karbohidrat yang merupakan media yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba. Sumber mikroba dapat berasal baik dari kebun pada saat penumpukan hasil panen maupun berasal dari air perendaman. Menurut Usmiati dan Nurdjannah¹, proses enzimatik selama perendaman buah lada memungkinkan terjadinya pembusukan (proses fermentatif) oleh mikroba yang ada dalam air rendaman atau lingkungan. Dengan demikian, selama proses pembusukan tersedia banyak metabolit untuk berkembang mikroba lainnya sehingga nilai TPC menjadi tinggi. Penanganan yang baik mulai dari panen sampai produksi lada putih, dan penggunaan air yang bersih akan menekan tingkat kontaminasi mikroba tersebut. Perendaman dengan penggantian air sangat memungkinkan terjadinya pengurangan konsentrasi mikroba pada air perendaman, sehingga risiko lada putih terkontaminasi mikroba semakin rendah.

Ditinjau dari kandungan mikroba, lada putih yang dihasilkan dari seluruh perlakuan masih memenuhi persyaratan mutu yang berlaku sehingga aman dikonsumsi. Seluruh perlakuan yang diterapkan tidak mempengaruhi kandungan *E. coli* dan *Salmonella* (Tabel 2). Menurut standar mutu IPC, kandungan TPC pada lada putih maksimum sebesar 5×10^4 cfu/g, sedangkan menurut standar SNI, kandungan *E. Coli* maksimum sebesar < 3 MPN/g dan *Salmonella* harus negatif pada setiap jumlah sampel 25g.

Karakteristik Mutu Lada Putih Butiran dan Bubuk yang Dihasilkan melalui Pengolahan Semi Mekanis di Tingkat Petani (Muhammad Syakir *et al*)

Tabel 3. Sifat fisiko-kimia lada putih yang dihasilkan dari pengolahan lada putih tradisional dan semi mekanis

Table 3. Physico-chemical properties of white pepper produced from traditional white and semi-mechanical pepper processing

Perlakuan <i>Treatment</i>	Warna/Colour					Kadar minyak atsiri (%)	Bau/Odor
	L*	a*	b*	ΔE	Hue (o)	Essential oil content (%)	
Tradisional/cara petani (kontrol) <i>Traditional/farmer method (control)</i>	63,34cd	+2,92a	+13,98cd	-	78,20a	2,77 a	Off-flavor
Semi mekanis-1 (SM-14/TP) <i>Semi mechanical-1(SM-14/TP)</i>	60,76b	+2,45a	+11,81b	3,40	78,28 a	2,98 a	Off-flavor
Semi mekanis-2 (SM-14/DP) <i>Semi mechanical-2 (SM-14/DP)</i>	64,86d	+3,21b	+14,73d	3,38	77,71a	2,72 a	Off-flavor
Semi mekanis-3 (SM-5/TP) <i>Semi mechanical-3 (SM-5/TP)</i>	57,91a	+2,83a	+9,83a	7,32	73,94b	2,80 a	Off-flavor
Semi mekanis-4 (SM-5/DP) <i>Semi mechanical-4 (SM-5/DP)</i>	60,47b	+4,27c	+13,12c	4,60	71,97b	2,92 a	Tidak ada off- flavor

Keterangan/Remarks : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan/The number followed by the same letter in the same column indicates no differ significantly at the 5% level according to the Duncan

2. Sifat fisiko-kimia

Sifat fisiko-kimia lada putih yang dianalisis meliputi warna, kadar minyak atsiri dan bau (*odor*). Warna dan bau merupakan parameter penting bagi lada putih karena akan mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap produk tersebut, sedangkan minyak atsiri merupakan komponen yang memberikan aroma khas pada lada. Hasil analisis sifat fisiko-kimia lada putih disajikan pada Tabel 3.

Warna

Berdasarkan hasil pengukuran warna lada putih, terlihat bahwa pengolahan lada putih semi mekanis cenderung menghasilkan lada putih yang sedikit berwarna kecokelatan dibandingkan dengan lada putih hasil pengolahan tradisional, terutama pada pengolahan semi mekanis dengan perendaman yang singkat selama 5 hari. Hal tersebut ditunjukkan oleh derajat kecerahan (L*) yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan derajat kecerahan lada putih hasil pengolahan tradisional (Tabel 3). Menurut Chen *et al.*¹⁶, L* merupakan nilai yang mengekspresikan tingkatan terang atau gelap permukaan suatu produk. Nilai L* yang lebih rendah mengindikasikan produk berwarna lebih kecokelatan. Kondisi tersebut sejalan dengan nilai a* yang cenderung lebih rendah, terutama pada pengolahan semi mekanis dengan perendaman selama 5 hari dengan tanpa penggantian air (Tabel 3). Nilai a* yang lebih rendah mengindikasikan lada putih yang dihasilkan memiliki intensitas warna kemerahan (kecokelatan). Menurunnya nilai hue (Tabel 3), juga mengindikasikan terjadinya pergeseran warna lada putih ke arah daerah kemerahan (kecokelatan). Nilai ΔE menunjukkan total perbedaan

warna antara produk hasil perlakuan dengan kontrol (pengolahan tradisional). Total perbedaan warna semakin meningkat pada perlakuan pengolahan semi mekanis dengan perendaman yang singkat (5 hari), yaitu sebesar 4,60 – 7,32. Berdasarkan klasifikasi Cserhalmi¹⁴, nilai ΔE pada kisaran 3,0 – 6,0 menunjukkan perbedaan warna produk sudah terlihat cukup jelas. Menurut Gu *et al.*¹⁷, warna kecokelatan pada lada putih tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim o-diphenol oxidase yang terdapat pada bagian dalam kulit lada. Fenol di dalam kulit buah lada akan teroksidasi secara enzimatis dan menimbulkan warna hitam pada saat dinding sel atau kulit buah lada terganggu atau terluka.

Pada perendaman buah lada yang dilakukan dengan penggantian air dapat menghasilkan lada putih dengan warna yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa penggantian air (Tabel 3). Hal ini diduga disebabkan oleh hilangnya turgiditas sel selama proses perendaman. Hilangnya turgiditas sel mengakibatkan komponen fenol sebagai substrat reaksi pencokelatan yang berada di dalam kulit buah lada akan bergerak menyebar keluar dan larut dalam air perendam. Dengan adanya penggantian air maka konsentrasi komponen fenol yang terlarut dalam air perendam semakin berkurang sehingga intensitas terjadinya reaksi pencokelatan menjadi semakin rendah. .

Warna kecokelatan pada lada putih yang dihasilkan dapat diatasi dengan menghambat reaksi pencokelatan enzimatis yang terjadi selama proses pengolahan. Beberapa bahan kimia untuk menghambat reaksi pencokelatan enzimatis telah diketahui, antara lain sodium chlorite, asam askorbat, sistein, asam sitrat, dan asam oksalat^{16,18,19,20}. Beberapa cara non-kimiawi yang telah digunakan untuk menghambat pencokelatan, yaitu

panas, ultrasound, dan iradiasi^{3,19,21,22}. Nurdjannah²³ telah menggunakan asam sitrat untuk menghambat reaksi pencokelatan pada proses pengupasan buah lada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman buah lada yang telah terkupas dalam asam sitrat dapat menghasilkan lada putih yang warnanya mirip dengan lada putih hasil pengolahan tradisional.

Kadar minyak atsiri

Aroma lada ditentukan oleh kandungan minyak atsiri. Komposisi utama minyak lada sebagian besar merupakan campuran kompleks dari senyawa terpen hidrokarbon dan senyawa oksigen. Variasi komposisi senyawa tersebut di dalam minyak lada tergantung pada varietas, lahan tempat tumbuh dan kondisi agroklimat, mutu bahan baku, dan cara pengolahan. Kegunaan minyak lada terutama sebagai flavor pada berbagai produk makanan, bahan obat, aromaterapi, dan juga digunakan pada beberapa jenis parfum.

Hasil pengukuran kadar minyak atsiri lada putih menunjukkan bahwa kadar minyak atsiri yang diperoleh seluruh perlakuan pengolahan lada putih semi mekanis tidak berbeda nyata dibandingkan dengan pengolahan lada putih tradisional. Demikian pula, perlakuan lama perendaman dan penggantian air perendam, tidak terlihat pengaruhnya terhadap kandungan minyak atsiri lada putih. Kadar minyak atsiri lada putih yang dihasilkan berkisar antara 2,68 – 2,98% (Tabel 3), hal ini menunjukkan bahwa selama proses pengolahan, kadar minyak lada putih relatif dapat dipertahankan (tidak terjadi degradasi atau menguap). Variasi kandungan minyak atsiri lada putih kemungkinan lebih dipengaruhi oleh variasi mutu bahan baku atau varietas lada. Hasil penelitian Liu *et al.*²⁴, menunjukkan bahwa kadar minyak atsiri dan piperin lada putih tergantung pada genotip/varietas lada. Kadar minyak atsiri dan piperin tertinggi diperoleh pada genotip Jianyin-1 dan berbeda nyata dibandingkan dengan genotip lada lainnya.

Bau (Odor)

Off-flavor merupakan bau yang tidak diinginkan pada lada putih karena menyerupai bau busuk dan lumpur. Tabel 3, menunjukkan bahwa perlakuan yang tidak menghasilkan bau off-flavor adalah pengolahan lada putih semi mekanis yang menerapkan perendaman 5 hari dengan penggantian air rendaman. Perlakuan semi mekanis lainnya dan pengolahan lada putih tradisional menghasilkan bau off-flavor. Hal tersebut menunjukkan bahwa lama perendaman dan penggantian air perendam berpengaruh terhadap pembentukan bau off-flavor.

Penggantian air selama proses perendaman sangat

penting untuk meminimalkan pembentukan senyawa off-flavor pada lada putih. Hasil penelitian Steinhilber dan Schieberle⁵, menunjukkan bahwa lada putih yang diproses melalui perendaman dengan penggantian air setiap hari memiliki kandungan senyawa off-flavor yang lebih rendah dibandingkan dengan perendaman dalam air mengalir. Lada putih yang dihasilkan dari perendaman tanpa penggantian air menghasilkan bau busuk dan lumpur yang kuat karena kandungan senyawa off-flavor yang tinggi, yaitu 3-methylindole dan 4-methylphenol masing-masing mencapai 5,1 dan 6,1%. Pembentukan senyawa 3-methylindole dan 4-methylphenol tersebut masih relatif rendah sampai dengan perendaman hari ke-4 dan 5. Pembentukan kedua senyawa tersebut nyata terjadi setelah perendaman hari ke-5. Hal tersebut mengindikasikan bahwa setelah 5 hari perendaman aktivitas mikroba meningkat dengan cepat. Menurut Elsdon *et al.*²⁵, methylindole dan 4-methylphenol merupakan senyawa hasil metabolisme mikroba dari asam amino tryptophan dan tyrosine.

Berdasarkan aroma lada putih yang dihasilkan, bahan baku untuk pengolahan lada bubuk dianjurkan menggunakan lada putih hasil pengolahan semi mekanis yang menerapkan lama perendaman 5 hari dengan penggantian air rendaman. Bau off-flavor pada lada putih sangat sulit dihilangkan selama pengolahan lada bubuk dengan teknologi yang ada ditingkat petani saat ini. Bau off-flavor ini akan mengakibatkan lada bubuk berbau busuk dan lumpur yang tidak disukai oleh konsumen.

B. Kajian pembuatan lada putih bubuk dengan menggunakan bahan baku hasil pengolahan lada putih semi mekanis

Sterilisasi adalah pemusnahan atau eliminasi semua mikroba termasuk spora bakteri yang sangat resisten. Sterilisasi dapat dilakukan melalui proses fisika maupun kimia. Sterilisasi secara fisika dapat dilakukan dengan metode pemanasan (panas uap bertekanan atau tanpa bertekanan, panas kering)^{3,11,26,27} dan radiasi^{3,11,27}. Efek mematikan panas adalah mendenaturasi protein dan asam amino dari suatu organisme. Dampak pemanasan terhadap kematian mikroba sangat tergantung kepada suhu dan lama waktu sterilisasi. Sterilisasi dengan uap panas tanpa bertekanan lebih berpeluang untuk diterapkan ditingkat petani karena teknologinya sederhana.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengolahan lada putih bubuk, sterilisasi dengan uap panas dapat menurunkan TPC secara signifikan (Tabel 4). Sterilisasi lada bubuk dengan uap panas selama 30 menit dapat menurunkan nilai TPC dari 2 x 10² cfu/g menjadi < 10 cfu/g. Hasil serupa diperoleh Waje *et al.*³ bahwa sterilisasi lada hitam dengan uap panas dapat

Karakteristik Mutu Lada Putih Butiran dan Bubuk yang Dihasilkan melalui Pengolahan Semi Mekanis di Tingkat Petani (Muhammad Syakir *et al*)

Tabel 4. Kandungan mikrobiologi pada lada putih bubuk sterilisasi
Table 4. Microbiology content in white pepper of sterilization powdered

Perlakuan/ <i>Treatment</i>	TPC (cfu/g)	E. coli (MPN/g)
Tanpa sterilisasi <i>Without sterilization</i>	2 x 10 ² b	<3
Sterilisasi uap panas, 30 menit <i>Steam sterilization, 30 minutes</i>	< 10a	< 3
Sterilisasi uap panas, 40 menit <i>Steam sterilization, 40 minutes</i>	< 10a	< 3
Sterilisasi uap panas, 50 menit <i>Steam sterilization, 50 minutes</i>	< 3,7 x 10a	<3
Sterilisasi uap panas, 60 menit <i>Steam sterilization, 60 minutes</i>	< 10a	<3

Keterangan/Remarks: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan/The number followed by the same letter in the same column indicates no differ significantly at the 5% level according to the Duncan

menurunkan TPC sebanyak 3 log dari TPC awal pada bahan baku sebesar 10⁶ cfu/g. Penelitian Lilie *et al.*²⁸, memperoleh penurunan populasi bakteri mesofilik aerobik sebanyak 3 log setelah dilakukan sterilisasi uap panas pada lada hitam. Namun demikian, perlakuan

sterilisasi tidak berpengaruh nyata terhadap kontaminasi *E. coli* pada lada putih bubuk yang dihasilkan. Mengacu pada standar mutu IPC untuk nilai TPC dan SNI untuk kontaminasi *E. coli*, maka lada putih bubuk yang dihasilkan memenuhi syarat kedua standar tersebut.

Tabel 5. Sifat fisiko-kimia lada putih bubuk sterilisasi
Table 5. The physico-chemical properties of sterilization white pepper powdered

Perlakuan <i>Treatment</i>	Kadar minyak atsiri(%) <i>Essential oil content (%)</i>			Warna/ Colour		
	L*	a*	b*	ΔE	Hue (o)	
Tanpa sterilisasi <i>Without sterilization</i>	2,67c	79,37a	+1,75a	+13,96a	-	82,85a
Sterilisasi uap panas, 30 menit <i>Steam sterilization, 30 minutes</i>	2,32bc	80,11b	+1,96c	+16,16b	2,33	83,08b
Sterilisasi uap panas, 40 menit <i>Steam sterilization, 40 minutes</i>	2,10ab	80,21b	+1,87bc	+16,56b	2,73	83,56bc
Sterilisasi uap panas, 50 menit <i>Steam sterilization, 50 minutes</i>	1,78a	81,14b	+1,57a	+16,10b	2,78	84,43c
Sterilisasi uap panas, 60 menit <i>Steam sterilization, 60 minutes</i>	1,89ab	80,06b	+1,77a	+15,80b	1,97	83,61c

Keterangan/Remarks: : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan/The number followed by the same letter in the same column indicates no differ significantly at the 5% level according to the Duncan

Perlakuan sterilisasi menyebabkan penurunan kadar minyak atsiri lada putih bubuk dibandingkan dengan tanpa sterilisasi. Waktu sterilisasi yang semakin lama menurunkan kadar minyak atsiri secara signifikan dari 2,67% sebelum sterilisasi menjadi 1,78 - 2,32% setelah sterilisasi (Tabel 5). Penurunan kadar minyak atsiri lada putih bubuk terendah pada perlakuan sterilisasi selama 30 menit, sehingga sterilisasi dengan uap panas hanya memerlukan waktu selama 30 menit. Penurunan kadar minyak atsiri tersebut diduga disebabkan oleh terjadinya hidrodifusi selama proses sterilisasi, dimana uap panas membawa minyak atsiri keluar dari jaringannya. Salah satu ciri utama minyak atsiri yaitu mudah menguap dan beraroma khas. Menurut Schweiggert *et al.*¹¹, sterilisasi uap panas pada pembuatan rempah-rempah bubuk cukup efektif menurunkan kontaminasi mikroba, namun mempunyai pengaruh terhadap penurunan kadar minyak atsiri dan perubahan warna karena melibatkan suhu tinggi. Hasil penelitian Sádecká^{27,29}, menunjukkan bahwa sterilisasi uap panas menyebabkan penurunan yang cukup tinggi pada aroma lada hitam dibandingkan dengan sterilisasi menggunakan iradiasi sinar gamma. Namun demikian, sterilisasi dengan uap panas masih merupakan cara yang terbaik dan termudah dilakukan di tingkat petani.

Hasil pengamatan terhadap warna lada putih bubuk, menunjukkan bahwa seluruh perlakuan sterilisasi dengan uap panas tidak menurunkan tingkat kecerahan lada putih bubuk. Derajat kecerahan (L^*) lada putih bubuk yang disterilisasi berkisar 80,06 – 81,14, sedangkan yang tidak disterilisasi lebih rendah, yaitu sebesar 79,37 (Tabel 5). Berdasarkan nilai a^* dan b^* terdapat sedikit pergeseran warna, dimana lada putih bubuk yang disterilisasi cenderung berwarna putih kekuningan sedangkan lada putih bubuk yang tidak disterilisasi berwarna putih kemerahan (kecokelatan). Hal tersebut juga ditunjukkan oleh nilai hue yang lebih tinggi pada lada bubuk yang disterilisasi. Nilai hue merupakan indikator kualitatif dari sifat warna yang dinyatakan dalam derajat, dimana 0° atau 360° untuk warna merah, sedangkan 90° , 180° , dan 270° berturut-turut untuk kuning, hijau, dan biru. Total perbedaan warna dengan nilai ΔE berkisar 1,5 – 3,0 menunjukkan perubahan warna produk sudah cukup terlihat¹⁴.

KESIMPULAN

1. Perlakuan perendaman buah lada selama 5 hari yang dikombinasikan dengan penggantian air rendaman pada pengolahan lada putih semi mekanis lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan cara tradisional. Perlakuan ini menurunkan nilai

TPC lada putih menjadi hanya 2×10^2 cfu/g serta dapat memperbaiki aroma lada putih karena tidak mengandung bau off-flavor, namun demikian lada putih yang dihasilkan sedikit berwarna kecokelatan.

2. Sterilisasi lada putih dalam pembuatan lada bubuk dengan bahan baku dari hasil pengolahan semi mekanis lebih baik dibandingkan dengan tanpa sterilisasi. Lama sterilisasi 30 menit dapat menurunkan nilai TPC menjadi hanya < 10 cfu/g dengan tanpa mengurangi kadar minyak atsiri serta dapat memperbaiki warna lada putih menjadi lebih cerah.
3. Pengolahan lada putih semi mekanis di tingkat petani yang dikombinasikan dengan penggantian air perendam dapat menghasilkan mutu lada putih yang memenuhi persyaratan mutu IPC dan SNI dengan waktu pengolahan yang jauh lebih singkat. Proses sterilisasi lada putih hasil pengolahan semi mekanis selama 30 menit menghasilkan mutu lada putih yang memenuhi persyaratan mutu IPC dan SNI sehingga lada putih bubuk aman dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Usmiati, S. dan N. Nurdjannah. Pengaruh lama perendaman dan cara pengeringan terhadap mutu lada putih. *J. Tek. Ind. Pert.* 2007. 16 (3) : 91 – 98.
2. Freire, F.C.O., Z. Kozakiewicz, and R.M.M. Paterson. Mycoflora and mycotoxin in Brazillian black papper, white pepper and Brazil nuts. *Mycopathologia Journal.* 2000. 149 (1) : 13 – 19.
3. Waje, C.K, H.K Kim, K.S. Kim, S. Todoriki, and J.H. Kwon. Physicochemical and microbiological qualities of steamed and irradiated ground black pepper (*Piper nigrum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 2008. 56 : 4592 – 4596.
4. Jalili, M., S. Jinap, and S. Radu. Natural occurrence of ochratoxin A contamination in commercial black and white pepper product. *Mycopathologia Journal.* 2010. 170 : 251 – 258.
5. Steinhaus, M. and P. Schieberle. Role of the fermentation process in off-odorant formation in white pepper: on-site trial in Thailand. *J. Agric. Food Chem.* 2005. 53 : 6056 – 6060.
6. Steinhaus, M, and P. Schieberle. Off-flavours in pepper production - Molecular background, formation and prevention. *Journal of the Pepper Industry.* 2007. III (1) : 23 – 33.
7. Hidayat, T., Risfaheri, dan N. Nurdjanah. Pengaruh perlakuan buah lada sebelum pengupasan dan kecepatan putaran piringan terhadap kinerja alat pengupas lada yang dimodifikasi. *Buletin Littro.* 2002. 13 (1) : 19 – 28.

Karakteristik Mutu Lada Putih Butiran dan Bubuk yang Dihasilkan melalui Pengolahan Semi Mekanis di Tingkat Petani (Muhammad Syakir *et al*)

8. Hasaman, N., R. Shamsudin, N.M. Adzahan, and R.A. Rahman. Effect of soaking time on the removal of pericarp of green pepper berries. International Conference on Agricultural and Food Engineering for Life (Cafei 2012), 26–28 November 2012.
9. Ashari, M.F., M.D. Ibrahim, A. Husaini, and A. Zulkharnain. Accelerated production of white pepper using integrated mechanical and enzymatic solutions in an automated machine. Key Engineering Materials. 2014. 572 : 304 – 307.
10. Ibrahim, M.D., N.A.N.R. Iskandar, M.F. Ashaari, A. Zulkharnain, A.A.S.A. Hussaini. Durable hybrid-powered white pepper retting machine integrated with crude enzymatic solution. J. Appl. Sci. & Agric. 2014. 9 (15) : 6 – 13.
11. Schweiggert, U., R. Carle, and A. Schieber. Conventional and alternative processes for spice production—review. Trends in Food Science & Technology. 2007. 18 : 260 – 268.
12. Kawachi, S., Y. Suzuki, Y. Uosaki and K. Tamura. Microbial reduction and quality changes in powdered white and black pepper by treatment with compressed oxygen or carbon dioxide gas. Food Science and Technology Research. 2015. 21 (1) : 51 – 57.
13. Abdulla, G., G.A. El-Shourbagy, and M.Z. Sitohy. Effect of pre-drying, blanching and citric acid treatments on the quality of fried sweet potato chips. American Journal of Food Technology. 2014. 9: 39 – 48.
14. Cserhalmi, Z.S., Á.Sass-Kiss, M. Tóth-Markus, and N. Lechner. Study of pulsed electric field treated citrus juices. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2006. 7 (1–2) : 49 – 54.
15. Nurdjannah, N. Pengaruh lama perendaman dan penggantian air terhadap mutu lada putih yang dihasilkan. Prosiding Simposium Nasional II Tumbuhan Obat dan Aromatik. 2001. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi-LIPI dan UNESCO. Bogor, 8 Oktober 2001.
16. Chen, Z., C. Zhu, Y. Zhang, D. Niu, and J. Du. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). Postharvest Biol. Technol. 2010. 58 : 232 – 238.
17. Gu, F., L. Tan, H. Wu, Y. Fang, and Q. Wang. Analysis of the blackening of green pepper (*Piper nigrum* Linnaeus) berries. Food Chem. 2013. 138 : 797 – 801.
18. Lu, S., Y. Luo, E. Turner, and H. Feng. Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices. Food Chem. 2007. 104 : 824 – 829.
19. Altunkaya, A. and V. Gökmen. Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*). Food Chem. 2009. 117 : 122 – 126.
20. Jang, J-H, and Moon, K-D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. Food Chem. 2011. 124: 444 – 449.
21. Rico, D., A.B. Martín-Diana, C. Barry-Ryan, J.M. Frías, G.T.M. Henehan, and J.M. Barat. Optimisation of steamer jet-injection to extend the shelf life of fresh-cut lettuce. Postharvest Biol. Technol. 2008. 48 : 431 – 442.
22. Zhang, L., Z. Lu, F. Lu, and X. Bie. Effect of irradiation on quality maintaining of fresh-cut lettuce. Food Control. 2006. 17 : 225 – 228.
23. Nurdjannah, N. Use of antioxidant to inhibit browning on white pepper decorticating process. Jurnal Littri. 2005. 11 (2) : 78 – 84.
24. Liu, H., F.K. Zeng, Q.H. Wang, H.S. Wu, and L.H. Ta. Studies on the chemical and flavor qualities of white pepper (*Piper nigrum* L.) derived from five new genotypes. Eur. Food Res. Technol. 2013. 237 : 245 – 251.
25. Elsdén, S. R., M.G. Hilton, and J.M. Waller. The end products of the metabolism of aromatic amino acids by clostridia. Arch. Microbiol. 1976. 107 : 283 – 288.
26. Silva, R.A.B, M.R. Leonardo, L.H. Faccioli, A.I. Medeiros, and P.N. Filho. Effect of different methods of sterilization on the inactivation of bacterial endotoxin (LPD) in endodontic files. Brazilian Journal of Microbiology. 2007. 38 : 270 – 272.
27. Sádecká, J. Influence of two sterilisation ways, gamma-irradiation and heat treatment, on the volatiles of black pepper (*Piper nigrum* L.). Czech J. Food Sci. 2010. 28 (1) : 44 – 52.
28. Lilie, M.S. Hein, P. Wilhelm, and U. Mueller. Decontamination of spices by combining mechanical and thermal effect an alternative approach for quality retention. Int. J. Food Sci. Technol. 2007. 42 : 190 – 193.
29. Mageed, M.A.A.E, H.A. Shaaban, G.E. Ibrahim, A. Mahmoud, and I.F. Osman. Impact of γ -irradiation on the aroma volatiles, antioxidant and antimicrobial activities of black and white pepper (*Piper nigrum* L.). Middle East Journal of Applied Sciences. 2014. 4 (2) : 262 – 276.