

PENGARUH APLIKASI METHYL JASMONATE TERHADAP PERKEMBANGAN WARNA DAN PRODUKSI SENYAWA-SENYAWA AROMA VOLATILE PADA BUAH STRAWBERRI

Lince Mukkun

Fakultas Pertanian Undana,

ABSTRAK

Strawberri varietas "Pajero" dipanen pada tingkat kematangan yang berbeda yaitu belum matang, matang setengah dan matang penuh untuk melihat pengaruh aplikasi methyl jasmonate terhadap produksi ethylene, perkembangan warna, pembentukan anthocyanin dan produksi senyawa aroma volatile selama penyimpanan. Buah dengan tingkat kematangan yang berbeda di celupkan selama dua menit dalam larutan methyl jasmonate pada konsentrasi yang berbeda yaitu 0 (kontrol), 0,01 mM, 0,1 mM dan 1 mM. Produksi ethylene, warna, total anthocyanin dan senyawa aroma volatile di ukur pada hari ke 0, 3, dan 6 hari setelah aplikasi methyl jasmonate. Pengaruh perlakuan methyl jasmonate terhadap produksi ethylene, perkembangan warna, pembentukan anthocyanin dan produksi senyawa aroma volatile tergantung pada tingkat kematangan buah strawberri. Aplikasi methyl jasmonate pada buah yang belum matang meningkatkan produksi ethylene selama penyimpanan. Total anthocyanin juga meningkat dengan aplikasi methyl jasmonate konsentrasi rendah yaitu 0.01mM pada semua tingkat kematangan buah yang dicobakan. Aplikasi methyl jasmonate pada buah matang setengah dan matang penuh dengan konsentrasi 0.01mM menstimulasi produksi senyawa aroma volatile. Ethyl propionate, methyl butyrate, methyl-2-methyl butyrate, ethyl butyrate, butyl acetate, isopropyl butyrate, ethyl 2-methyl butyrate, isoamyl acetate, n-amyl acetate, methyl hexanoate, ethyl hexanoate, hexyl acetate, 2,5 dimethyl-4-hydroxy-3(2H) furanone, and hexyl butyrate merupakan senyawa aroma volatile utama yang diproduksi oleh strawberri baik pada kontrol maupun dengan aplikasi methyl jasmonate.

Kata kunci : etilen, methyl jasmonat, aroma volatil, athocyanin

ABSTRACT

'Pajero' strawberries were harvested at the fully ripe, half ripe and white stage to investigate the effects of an exogenous application of methyl jasmonate on ethylene production, colour development, anthocyanin formation and aroma volatile production during storage. Fully ripe, half ripe and white strawberries were dipped for two minutes into an aqueous solution containing 0, 0.01 mM, 0.1 mM or 1 mM methyl jasmonate. Ethylene production, colour, total anthocyanins and aroma volatile compounds were measured at zero, three and six days of storage. The effect of methyl jasmonate treatments on ethylene production, colour development, anthocyanin formation and aroma volatile production is developmental stage dependent. Fruit treated with methyl jasmonate at the white stage increased ethylene production during storage. Total anthocyanins also increased with exogenous applications of methyl jasmonate at the lowest concentration (0.01 mM) when applied to fully ripe, half ripe and white fruit. Exogenous applications of methyl jasmonate at the lowest concentration (0.01mM) stimulated total aroma volatiles when applied to fully ripe and half ripe fruit. Ethyl propionate, methyl butyrate, methyl-2-methyl butyrate, ethyl butyrate, butyl acetate, isopropyl butyrate, ethyl 2-methyl butyrate, isoamyl acetate, n-amyl acetate, methyl hexanoate, ethyl hexanoate, hexyl acetate, 2,5 dimethyl-4-hydroxy-3(2H) furanone, and hexyl butyrate were the major aroma volatile compounds identified from untreated fruit and strawberries treated with methyl jasmonate.

Keywords: Ethylene, methyl jasmonate, aroma volatile, anthocyanin

PENDAHULUAN

Methyl jasmonate merupakan methyl ester dari asam jasmonate dan dikenal sebagai hormon pertumbuhan alami tanaman dan mengatur berbagai fungsi fisiologis tanaman (Sembner dan Panthier, 1993; Creelman dan Mullet, 1997). Hormon tumbuh ini dapat ditemukan pada berbagai bagian tanaman seperti biji, akar, daun, tunas, bunga, namun konsentrasi paling besar biasanya ditemukan pada buah (Meyer et al., 1984).

Methyl jasmonate dilaporkan mengatur berbagai fungsi fisiologis terutama pada pematangan buah-buah klimakterik. Aplikasi methyl jasmonate selama proses pematangan apel meningkatkan produksi ethylene (Fan et al., 1998), dan menghambat produksi senyawa volatile ester pada apel yang diberi perlakuan sebelum penyimpanan kontrol atmosfer (Olias et al., 1992). Sedangkan Fan dan Mattheis (1999) melaporkan bahwa methyl jasmonate meningkatkan produksi senyawa volatile alkohol, ester, dan asam asetat selama fase preklimakterik. Lalel (2003) melaporkan bahwa aplikasi methyl jasmonate dapat mempercepat proses pematangan buah mangga. Informasi tentang pengaruh methyl jasmonate pada buah non-klimakterik seperti strawberi masih sangat terbatas. Perez et al., (1997) melaporkan bahwa methyl jasmonate dapat mempercepat pematangan buah stwaberi.

Rasa dan aroma strawberi dicirikan oleh interaksi yang kompleks antara berbagai senyawa volatile dan non volatile. Senyawa volatile seperti ester dan aldehyd merupakan senyawa volatile yang bertanggung jawab terhadap flavor strawberi yang khas (Watson, 2002).

Penelitian tentang pengaruh methyl jasmonate selama pematangan buah selama ini terfokus pada buah klimakterik. Sementara itu laporan tentang peranan methyl jasmonate pada buah non-klimakterik masih sangat terbatas. El-Kazzas et al., (1983) dan Wills dan Kim (1995) melaporkan bahwa ethylene dapat memegang peranan selama proses pematangan buah strawberry karena ethylene dapat mempercepat "softening" dan memperpendek umur simpan buah. Selanjutnya, Perez et al., (1997) melaporkan bahwa aplikasi methyl jasmonate pada buah strawberry yang masih hijau dapat meningkatkan produksi ethylene dan kecepatan respirasi. Akibatnya, degradasi klorofil dan produksi anthocyanin meningkat. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka penelitian tentang pengaruh methyl jasmonate terhadap produksi senyawa aroma volatile, warna dan ethylene pada berbagai tingkat kematangan buah strawberry perlu dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi methyl jasmonate terhadap produksi senyawa aroma volatile, pembentukan antocyanin, perkembangan warna pada berbagai tingkat kematangan buah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di Postharvest Lab., Curtin Univ. of Technology, Perth, WA pada bulan Oktober 2002. Buah strwaberi yang digunakan diambil dari petani komersial kemudian dibawa ke lab. Buah-buah disortir dan dipisahkan ke dalam 3 group yaitu (1) buah yang seluruh permukaan buah berwarna putih kehijauan, dengan kekerasan buah rata-rata 18.21 N), (2) buah dengan setengah dari permukaan buah berwarna merah, dengan kekerasan buah rata-rata 13.66 N), dan (3) seluruh permukaan buah berwarna merah, dengan kekerasan buah rata-rata 8.19 N).

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Strawberi cultivar "Pajero" dengan 3 tingkat kematangan yaitu hijau, setengah matang, dan matang penuh dicelupkan selama 2 menit kedalam larutan yang mengandung 0, 0.01 mM, 0.1 mM, dan 1 mM methyl jasmonate dan 0.02% "Tween 80". Setelah perlakuan, buah

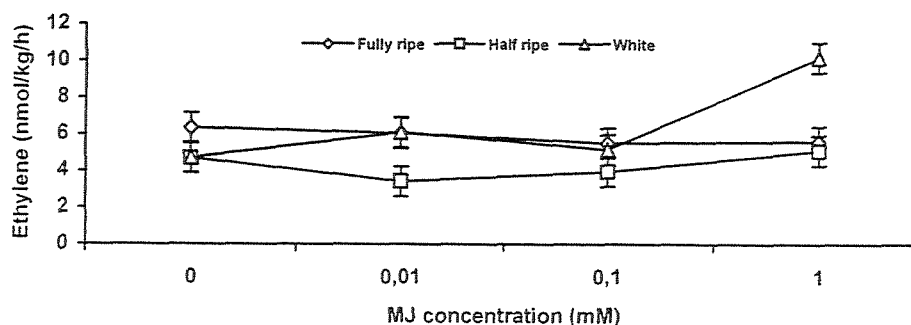
dingin-anginkan sebelum dimasukkan kedalam “punnet” dan disimpan pada suhu 20°C. Produksi ethylene, warna, total anthocyanin, dan aroma volatile diamati pada 0, 3 dan 6 hari setelah penyimpanan. Ethylene diukur menggunakan GC-FID, sedangkan warna buah diukur menggunakan ColorFlex 45/0 spectrophotometer. Total anthocyanin diukur dengan UV/Vis spectrophotometer pada panjang gelombang 530 nm. Metode headspace solid phase extraction (HS-SPME) digunakan untuk ekstraksi dan identifikasi senyawa aroma volatile. Sedangkan untuk kuantifikasi senyawa volatile digunakan internal dan external standard.

Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA menggunakan program Genstat 5 Release 4.1 for Windows. Data yang berbeda nyata diuji lanjut menggunakan LSD pada taraf 0.05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

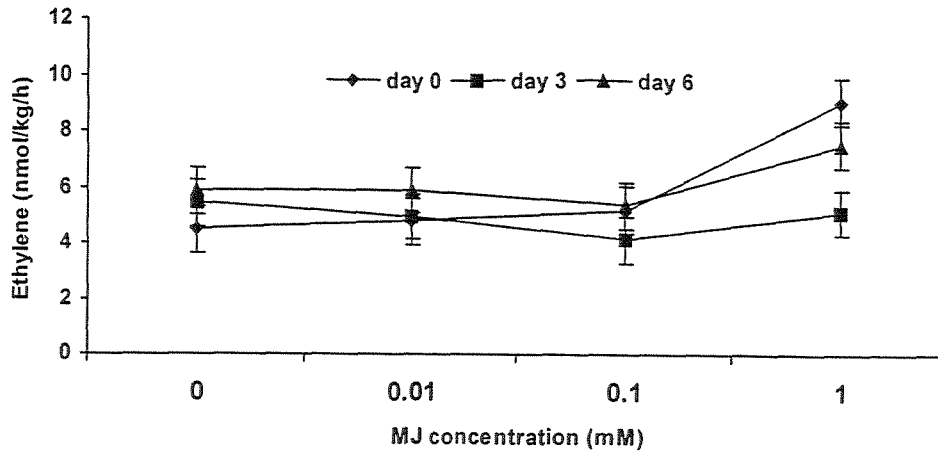
1. Ethylene

Aplikasi methyl jasmonate pada tingkat kematangan buah yang berbeda mempengaruhi produksi ethylene secara signifikan selama penyimpanan. Pada buah yang matang setengah dan matang penuh, meningkatnya konsentrasi methyl jasmonate (1 mM) menyebabkan produksi ethylene menurun. Namun pada konsentrasi yang sama diaplikasikan pada buah yang belum matang, konsentrasi ethylene meningkat secara signifikan (Gambar 1).



Gambar 1. Pengaruh Aplikasi Methyl Jasmonate Terhadap Produksi Ethylene Buah Strawberry pada Tingkat Kematangan yang Berbeda.

Perlakuan methyl jasmonate juga meningkatkan produksi ethylene buah selama dalam penyimpanan. Pada konsentrasi methyl jasmonate yang lebih tinggi, produksi ethylene juga meningkat secara signifikan selama penyimpanan. Aplikasi methyl jasmonate 1 mM mengakibatkan produksi ethylene meningkat secara tajam yaitu 9.04 nmol.kg⁻¹.h⁻¹ dibandingkan dengan kontrol hanya 4.49 nmol.kg⁻¹.h⁻¹ (Gambar 2).



Gambar 2. Rata-rata Produksi Ethylene Selama Penyimpanan dari Buah Strawberry masih Hijau, Matang Setengah dan Matang Penuh Akibat Perlakuan Methyl Jasmonate

2. Warna Buah

Interaksi antara methyl jasmonate, tingkat kematangan buah dan waktu penyimpanan mempengaruhi perkembangan warna buah (Tabel 1).

3. Total Anthocyanin

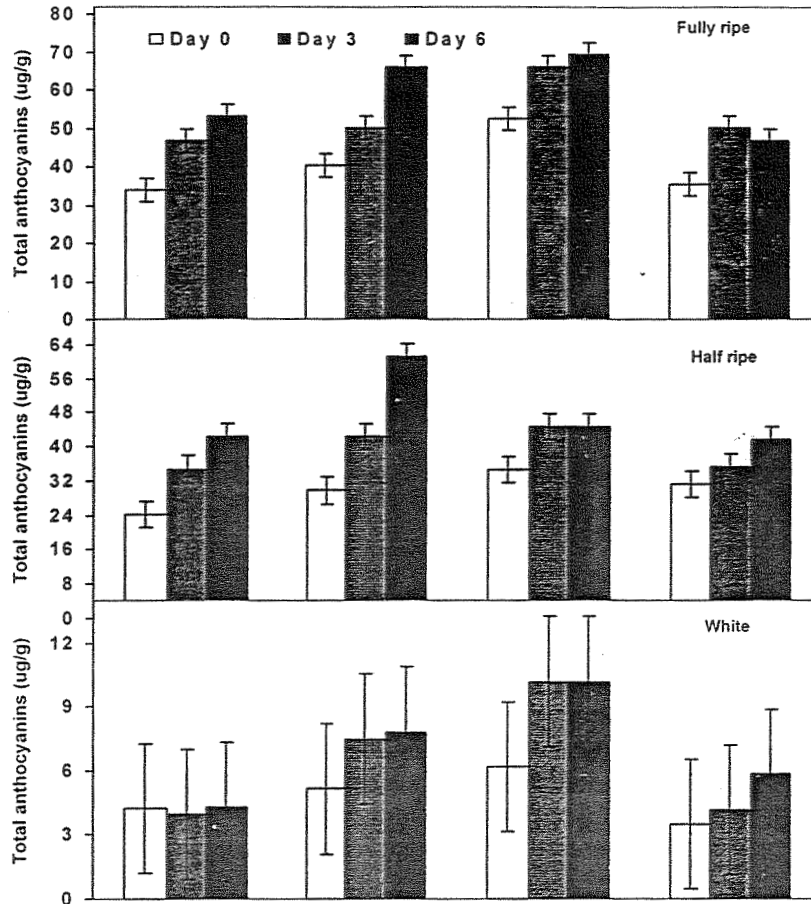
Kandungan total anthocyanin dipengaruhi secara signifikan oleh interaksi antara methyl jasmonate, tingkat kematangan buah dan waktu penyimpanan. Perlakuan methyl jasmonate dengan konsentrasi 0.1 mM pada buah yang matang penuh meningkatkan kandungan total anthocyanin secara signifikan dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan lainnya (Gambar 3). Hal yang sama juga ditemukan pada buah matang setengah, namun kandungan total anthocyanin relatif tetap setelah 3 hari penyimpanan. Sedangkan pada buah yang masih hijau, aplikasi methyl jasmonate tidak mempengaruhi kandungan total anthocyanin secara signifikan

4. Senyawa Aroma Volatile

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada 14 senyawa aroma volatile yang utama ditemukan pada strawberry yang sebelumnya diberi perlakuan methyl jasmonate dengan konsentrasi yang berbeda. Senyawa tersebut adalah ethyl propionate, methyl buyrate, methyl-2-methyl butirate, ethyl butyrate, butyl acetate, isopropyl butyrate, ethyl-2-methyl butyrate isoamyl acetate, n-amyl acetate, methyl hexanoate, ethyl hexanoate, hexyl acetate, 2,5 dimethyl-4-hydroxy-3(2H) furanone dan hexyl butyrate. Perlakuan methyl jasmonate konsentrasi 0.01 mM pada buah yang matang penuh menghasilkan total aroma volatile yang lebih tinggi selama penyimpanan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Aplikasi methyl jasmonate cenderung meningkatkan senyawa aroma volatile pada buah yang matang penuh, matang setengah maupun pada buah yang belum matang. Namun demikian, buah yang matang penuh mempunyai kandungan total aroma volatile lebih tinggi dibandingkan dengan buah yang matang setengah dan belum matang. Dengan meningkatnya waktu penyimpanan, total aroma volatile cenderung meningkat pada semua perlakuan kecuali pada buah matang penuh yang diberi perlakuan 0.01, 0.1 dan 1 mM methyl jasmonate (Gambar 4).

Perlakuan methyl jasmonate pada buah strawberry yang matang penuh dan matang setengah menurunkan produksi ethylene, sedang pada buah yang belum matang,

produksi ethylene meningkat. Hal itu menunjukkan bahwa pengaruh dari methyl jasmonate terhadap produksi ethylene tergantung pada tingkat kematangan buah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Saniewski et al., (1983) dan Fan et al., (1997) pada apel dimana methyl jasmonate meningkatkan produksi ethylene apabila diaplikasikan pada fase preklimakterik.



Gambar 3. Pengaruh aplikasi methyl jasmonate terhadap kandungan total anthocyanin Pada tingkat kematangan buah yang berbeda

Table 1. Pengaruh perlakuan methyl jasmonate pada tingkat kematangan buah yang berbeda terhadap warna buah selama penyimpanan

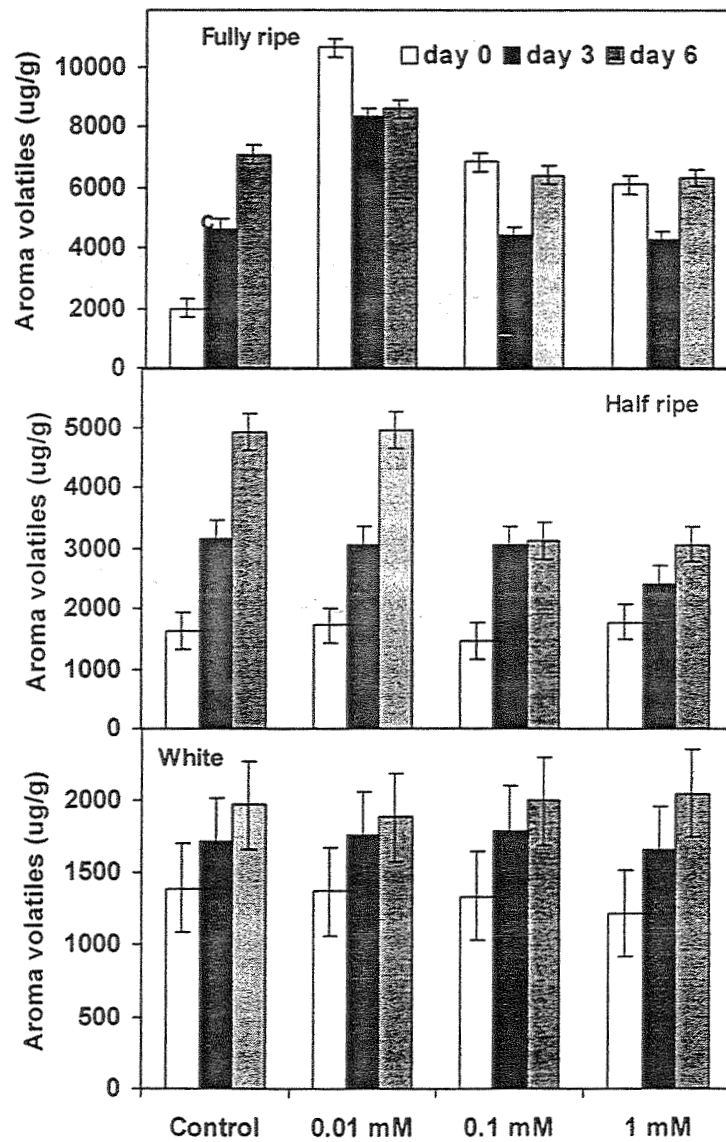
<i>Maturity</i>	Storage Time (day)	<i>Treatment (mM)</i>	<i>Colour attributes</i>				
			<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>h°</i>
Fully ripe	0	0	25.87 aA α	22.66 aA β	8.03 aB α	24.06 aB β	18.28 aA α
		0.01	25.49 aA α	22.46 aA β	8.12 aB α	23.85 aA β	20.04 aA α
		0.1	25.61 aA α	21.01 aA β	7.40 aA α	22.52 aA β	18.94 aA α
		1	25.12 aA α	22.21 aA β	7.76 aA α	23.48 aA β	19.27 aA α
	3	0	25.57 aA α	24.24 aA β	9.21 aB α	25.26 aB β	20.23 aA α
		0.01	26.27 aA α	24.56 aAB β	9.53 aB α	26.10 aB β	20.62 aA α
		0.1	26.59 aA α	25.60 aB β	9.30 aB α	27.16 aB γ	20.81 aA α
		1	25.44 aA α	23.82 aA β	9.48 aB α	26.44 aB β	20.40 aA α
	6	0	22.77 aA α	18.26 aB γ	6.28 aA α	19.31 aA α	18.99 aA α
		0.01	25.41 aA α	20.99 abA γ	7.58 aA α	22.32 bA α	19.76 aA α
		0.1	25.26 aA α	21.26 abA γ	7.69 aA α	22.61 bA α	19.80 aA α
		1	25.49 aA α	22.20 bA α	8.34 bA α	23.72 bA α	20.63 aA α
Half ripe	0	0	35.02 aB β	22.14 aA β	12.97 bAB β	25.98 aA β	31.35 aA β
		0.01	35.36 aA β	22.16 aA β	12.83 abAB β	25.09 aA β	31.78 aA β
		0.1	32.04 aA β	22.66 aA β	11.60 aA β	25.06 aA γ	28.52 aA β
		1	36.02 aC β	20.94 aA β	12.87 abC β	24.70 aA β	29.69 aA β
	3	0	36.81 bB β	21.50 aA β	14.08 cB β	24.56 aA β	39.68 abB β
		0.01	42.14 cA β	23.83 aAB β	14.09 cB β	24.19 aA β	36.47 aB β
		0.1	32.41 bA β	23.13 aAB β	12.53 bA β	24.13 aA β	44.14 bB β
		1	24.87 aA α	23.46 aAB β	8.50 aA α	26.23 aA β	41.00 abB β

Maturity	Storage Time (day)	Treatment (mM)	Colour attributes				
			L*	a*	b*	h°	
	6	0	29.78 aAβ	23.30 aAβ	10.68 aAβ	25.75 aAγ	24.55
		0.1	30.33 aAβ	25.87 aBβ	11.70 abAβ	28.42 aBβ	aAβ 24.18
		1	29.05 aBα	24.07 aBβ	10.79 aBβ	26.40 aAβ	aAα 23.94
White	0	0	52.99 aAγ	0.87 aAα	16.09 aAγ	16.26 aAα	aAα 83.58
		0.01	52.86 aBγ	0.28 aAα	16.34 cAγ	16.40 aAα	aBγ 88.22
		0.1	53.01 aBγ	1.54 aAα	15.96 aBγ	16.16 aAα	aBγ 86.04
		1	52.00 aBγ	1.85 aAα	16.15 aBγ	16.42 aAα	aBγ 81.36
	3	0	54.39 bAγ	-1.56 aAα	16.62 bAγ	16.73 aAα	aBγ 95.91
		0.01	53.64 bBγ	-0.56 aAα	15.65 abAγ	15.75 aAα	bCγ 92.18
		0.1	53.92 bBγ	-0.59 aAα	15.52 abAγ	15.62 aAα	bBγ 92.27
		1	43.88 aAβ	1.10 aAα	14.80 aBγ	16.26 aAα	bCγ 75.32
	6	0	46.81 bBγ	11.14 aBα	16.01 aAγ	21.34 aBβ	aBγ 62.31
		0.01	42.81 aAα	18.03 bBα	16.01 aAγ	24.73 bBα	cAβ 44.47
		0.1	39.00 aAα	23.06 cBβ	15.65 aAγ	28.23 cBβ	bAγ 35.69
		1	42.08 aAβ	19.50 bBα	16.22 aBγ	25.69 bBβ	aAγ 41.21
							abAγ

L* = lightness coefficient, a*, b* = colour coordinates, C* = Chroma, h° = hue angle.

Peningkatan produksi ethylene juga diikuti oleh peningkatan produksi total anthocyanin. Hal ini menunjukkan bahwa ethylene memegang peranan penting dalam menstimulasi pembentukan anthocyanin pada strawberi. Klorofil dan anthocyanin merupakan pigmen utama yang bertanggung jawab terhadap warna strawberi (Martinez et al., 1995).

Perlakuan methyl jasmonate berpengaruh terhadap perubahan warna buah hanya pada fase buah belum matang dengan cara menurunkan "hue angle (h°)" dan meningkatkan chroma (C). Menurunnya h° menandakan perubahan warna dari hijau ke merah, sedangkan meningkatnya C menandakan peningkatan intensitas warna merah. Hal ini menunjukkan bahwa methyl jasmonate meningkatkan degradasi klorofil dan menstimulasi pembentukan warna merah. Methyl jasmonate telah dilaporkan meningkatkan degradasi klorofil dan biosintesis anthocyanin pada apel (Fan and Mattheis, 1999; Rudell et al; 2002) dan merubah warna dari hijau ke kuning serta meningkatkan intensitas warna kuning.



Gambar 4. Total Aroma Volatile Strawberi yang Diberi Perlakuan Methyl Jasmonate pada Tingkat Kematangan Buah Yang Berbeda

Strawberi merupakan salah satu jenis buah yang memiliki flavor yang sangat kompleks karena memiliki lebih dari 350 komponen termasuk ester, aldehyd, alcohol, sulfur, dan turunan furanon (Latrasse, 1991; Bood and Zabetakis, 2002). Walaupun tidak ada satupun senyawa yang bertanggung jawab terhadap flavor strawberry, namun beberapa dari ethyl, methyl ester, furaneol dan turunannya merupakan komponen penting dari senyawa aroma strawberry (Olias et al., 1999). Aplikasi methyl jasmonate pada strawberry pada semua tingkat kematangan yang dicobakan meningkatkan produksi total aroma volatile. Konsentrasi methyl jasmonate yang rendah (0.01 mM) meningkatkan biosintesis senyawa aroma volatile dibandingkan dengan semua perlakuan lainnya. Hal ini diduga, methyl jasmonate pada konsentrasi yang rendah menstimulasi aktivitas enzim yang terlibat dalam biosintesis senyawa aroma volatile. Olias et al., (1999) melaporkan bahwa biosintesis dari senyawa aroma sangat tergantung oleh ketersediaan substrat seperti asam amino bebas, gula atau acyl-CoAs dan aktivitas dari enzim yang terlibat didalamnya. Methyl jasmonate dilaporkan meningkatkan akumulasi metabolit sekunder yang diturunkan dari "shikimate pathway" (Bulgakov et al., 2002). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan produksi senyawa aroma volatile berhubungan dengan konsentrasi methyl jasmonate yang rendah dan tingkat kematangan buah.

KESIMPULAN

Aplikasi methyl jasmonate meningkatkan produksi ethylene buah yang belum matang. Perlakuan methyl jasmonate konsentrasi yang rendah meningkatkan produksi senyawa aroma volatile pada buah yang matang penuh dan matang setengah, dan meningkatkan biosintesis anthocyanin baik pada buah yang matang penuh, matang setengah maupun pada buah yang belum matang. Pembentukan senyawa aroma volatile juga dipengaruhi oleh konsentrasi methyl jasmonate dan fase kematangan buah. Peranan methyl jasmonate dalam menstimulasi enzim yang terlibat dalam biosintesis senyawa aroma volatile dan anthocyanin perlu dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bood, K.G., and Zabetakis, I. 2002. The biosynthesis of strawberry flavor (II): biosynthetic and molecular biology studies. *J. Food Sci.*, 67, 1-8.
- Bulgakov, V.P., Tchernoded, G.K., Mischenko, N.P., Khodakovskaya, M.V., Glazunov, V.P., Radchenko, S.V., Zvereva, E.V., Fedoreyev, S.A., and Zhuravlev, Y.N. 2002. Effect of salicylic acid, methyl jasmonate, ethephon and cantharidin on anthraquinone production by *Rubia cordifolia* callus cultures transformed with the *rolB* and *rolC* genes. *J. Biotechnol.*, 97, 213-221.
- Creelman, R.A., and Mullet, J.E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 48, 355-381.
- El-Kazzaz, M.K., Sommer, N.F., and Fortlage, R.J. 1983. Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries. *Phytopathology*, 73, 282-285.

- Fan, X., and Mattheis, J.P. 1999. Methyl jasmonate promotes apple fruit degreening independently of ethylene action. *HortScience*, 34, 310-312.
- Fan, X., Mattheis, J.P., and Fellman, J.K. 1998. A role of methyl jasmonates in climacteric fruit ripening. *Planta*, 204, 444-449.
- Fan, X., Mattheis, J.P., Fellman, J.K., Patterson, M.E. 1997. Effect of methyl jasmonate on ethylene and volatile production by summered apples depends on fruit developmental stage. *J. Agr. Food Chem.*, 45, 4038-4041.
- Lalel, H.J.D., Singh, Z., and Tan, S.C. 2003. The role of methyl jasmonate in mango ripening and biosynthesis of aroma volatile compounds. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 78, (In press).
- Latrasse, A. 1991. Fruits III. In *Volatile Compounds in Foods and Beverages*; Maarse, H., Editor, New York, pp 329-387.
- Martinez, G.A., Civello, P.M., Chaves, A.R., and Anoy, M.C. 1995. Partial characterization of chlorophyllase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.). *J. Food Biochem.*, 18, 213-216.
- Martinez, G.A., Civello, P.M., Chaves, A.R., and Anoy, M.C. 1995. Partial characterization of chlorophyllase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.). *J. Food Biochem.*, 18, 213-216.
- Meyer, A., Miersch, O., Buttner, C., Dathe, W., and Sembner, G. 1984. Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plants. *J. Plant Growth Regul.*, 3, 1-8.
- Perez, A.G., Sanz, C., Olias, R., and Olias, M. 1997. Effect of methyl jasmonate on *in vitro* strawberry ripening. *J. Agr. Food Chem.*, 45, 3733-3737.
- Rudell, D.R., Mattheis, J.P., Fan, X., and Fellman, J.K. 2002. Methyl jasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in 'Fuji' apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 127, 435-441.
- Saniewski, M. and Czapski, J. 1983. The effect of methyl jasmonate on lycopene and β -carotene accumulation in ripening red tomatoes. *Experientia*, 39, 1373-1374.
- Sembner, G., and Parthier, B. 1993. The biochemistry and the physiological and molecular actions of jasmonates. *Annu. Rev. Plant Phys.*, 44, 569-589.
- Watson, R., Wright, C.J., McBurney, T., Taylor, A.J., and Linforth, R.S.T. 2002. Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavour compounds. *J. Exp. Bot.*, 53, 2121-2129.

Wills, R.B.H., and Kim, G.H. 1995. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biol. Tech.*,6, 249-255.