

Studi Tentang Poliamin dan Suhu Dingin dalam Mempertahankan Beberapa Kriteria Kualitas Buah Pisang

(Studies of Polyamines and Cold Storage on the Maintenance of Some Banana Qualities)

BAMBANG SAPTA PURWOKO

Jurusan Budi Daya Pertanian Faperta IPB, Jalan Raya Pajajaran, Bogor 16144

Diterima 13 November 1995 / Disetujui 7 Desember 1995

Polyamines have been reported to inhibit senescence and fruit ripening. Exogenous application of polyamines have prolonged shelflife of some fruits. The objective of the present study was to determine the effect of polyamines and cold storage on some quality changes in banana. Soaking banana in polyamine solution had some beneficial effects, however the effects were not consistent in maintaining some quality variables analyzed. Spermidine could inhibit weight loss. It was suggested that pressure infiltration was used in polyamine application. Cold storage inhibited weight loss, fruit softening, and the increase of sugar content, while room temperature storage, on the contrary, hastened the increase of those variables.

PENDAHULUAN

Pisang merupakan buah yang populer di daerah tropik maupun di daerah beriklim subtropik dan sedang. Salah satu sifat komoditi hortikultura yaitu mudah rusak sehingga kehilangan hasil pasca panen cukup tinggi. Kerusakan tersebut berkisar antara 25-50% (Wills *et al.*, 1989) sehingga perlu dicari cara untuk mengurangi kerusakan buah dan memperpanjang daya simpan buah agar buah dapat berada dalam rantai perdagangan lebih lama sebelum sampai kepada konsumen.

Pisang merupakan buah klimakterik yaitu buah yang dalam proses pematangannya disertai dengan peningkatan respirasi dan produksi etilen secara cepat. Perhatian para peneliti zat pengatur tumbuh tanaman akhir-akhir ini difokuskan pada peran poliamin sebagai faktor pertumbuhan yang esensial (Apelbaum, 1990; Galston dan Kaur-Sawhney, 1990, 1995; Evans dan Malmberg, 1989). Mereka melaporkan bahwa poliamin mempunyai peran penting dalam menghambat proses senesen pada jaringan tanaman. Sementara itu etilen telah lama diketahui sebagai hormon tanaman yang berperan untuk mempercepat pemasakan buah dan senesen (Abeles *et al.*, 1992).

Ada beberapa macam poliamin, namun yang terpenting ialah putresin, spermidin dan spermin. Putresin merupakan prekursor untuk spermidin dan spermin. Spermidin dan spermin disintesis dari putresin lewat penambahan gugus propil-amin yang diperoleh dari s-adenosil-methionin (SAM). Senyawa ini ternyata juga merupakan prekursor dalam sintesis etilen. Jadi proses pembentukan poliamin dan etilen berkompetisi pada substrat yang sama yaitu SAM (Evans dan Malmberg, 1989; Galston dan Kaur-Sawhney, 1995).

Apelbaum (1990) melaporkan bahwa kandungan putresin tinggi pada pulp avokad umur enam minggu. Kandungan

putresin turun sebanyak 85% pada saat buah matang. Kandungan spermidin dan spermin tidak berubah pada periode yang sama. Selanjutnya Apelbaum (1990) melaporkan bahwa perubahan yang sangat jelas terjadi pada proses pemasakan. Kandungan putresin selama empat hari periode pemasakan turun dari 43 nmol/g bobot segar menjadi nol (tidak terdeteksi) pada puncak klimakterik produksi etilen. Kandungan spermidin dan spermin juga mengalami penurunan drastis sampai mencapai 20% jumlah saat panen pada saat puncak klimakterik.

Dibble *et al.* (1988) menemukan bahwa pada perikarp buah tomat, putresin merupakan poliamin yang dominan, spermidin hanya 15% jumlah putresin, spermin 1% jumlah putresin. Pada perkembangan selanjutnya konsentrasi putresin menurun sampai tahap matang hijau. Pada tomat mutan 'alcobaca' (alc), tomat dengan daya simpan yang sangat lama, kandungan putresinnya meningkat pada tahap matang hijau ke matang penuh.

Saftner dan Baldi (1990) juga melaporkan perubahan kandungan putresin yang mirip dengan yang dilaporkan Dibble *et al.* (1988) pada tomat kultivar Liberty yang berdaya simpan lama. Kultivar Liberty memproduksi etilen klimakterik yang sangat rendah, masak lebih lambat, dan mempunyai daya simpan dua kali lebih lama dibandingkan dengan kultivar dengan daya simpan yang lebih pendek (Rutgers dan Pik Red). Proses pemasakan buah tomat dapat ditunda pada saat buah matang hijau (*mature green*) dengan cara aplikasi poliamin (Davies *et al.*, 1990).

Kramer *et al.* (1989) menemukan bahwa penyimpanan buah apel pada konsentrasi oksigen rendah (1%) dan suhu rendah dalam usaha untuk memperpanjang masa simpan apel mempunyai efek mempertahankan kandungan putresin, spermidin, dan spermin. Perlakuan ini juga menurunkan

pelunakan jaringan buah dibandingkan dengan buah yang disimpan pada udara atmosfer (konsentrasi O₂ 20%) pada suhu yang sama. Kandungan poliamin dua sampai enam kali lebih tinggi pada buah yang disimpan pada konsentrasi O₂ rendah dibandingkan pada konsentrasi O₂ tinggi.

Aplikasi poliamin pada apel segera meningkatkan kekerasan buah. Selama 28 minggu penyimpanan pada suhu 0 °C perbedaan kekerasan buah antara yang diperlakukan dengan poliamin dan dengan air semakin lama semakin besar (Kramer *et al.*, 1991). Mereka juga melaporkan bahwa perlakuan buah apel dengan 3% CaCl₂ menghambat pelunakan buah lebih baik dibandingkan dengan poliamin.

Apelbaum (1990) menyatakan bahwa kandungan poliamin dan produksi etilen pada mesokarp advokat mempunyai hubungan yang berbanding terbalik. Pada saat preklimakterik, buah mengandung banyak poliamin dan produksi etilen yang rendah. Pada saat klimakterik kejadian yang sebaliknya terjadi.

Poliamin dapat menghambat produksi etilen pada bunga yang mengalami senesen (Suttle, 1981), pada daun dan buah apel (Apelbaum *et al.*, 1981), dan mesokarp tomat (Apelbaum, 1990). Poliamin lebih efektif sebagai inhibitor sintesis etilen pada awal dibandingkan dengan pada tahap akhir proses pemasakan buah (Apelbaum *et al.*, 1981). Penghambatan paling kuat terjadi pada poliamin yang berbobot molekul tertinggi (Apelbaum, 1990). Urutan bobot molekul dari yang terendah ke yang tertinggi ialah putresin, spermidin, dan spermin.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efek poliamin terhadap kualitas buah pisang pasca panen. Tujuan yang lebih spesifik ialah untuk mengetahui macam poliamin yang dapat mempertahankan kualitas buah dan untuk mengetahui keefektifan poliamin yang dikombinasikan dengan perlakuan suhu dingin dalam mempertahankan kualitas buah.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Buah pisang ambon dipanen dari petak kebun yang sama. Agar cukup homogen, buah dipilih dari sisir yang di tengah tandan. Buah yang digunakan berada pada tingkat matang 3/4 penuh (kulit masih hijau). Buah pisang dipotong dari tandan. Setelah getah yang keluar dari bekas potongan mengering, buah dicuci dalam air sabun lembut, dibilas dengan air bersih yang mengalir kemudian dikeringkan. Buah pisang selanjutnya direndam dalam larutan Benlate 500 ppm selama 30 detik untuk menghindari kerusakan akibat mikroorganisme.

Poliamin dilarutkan dalam air suling dan diberi beberapa tetes Tween 20. Buah diperlakukan sesuai dengan perlakuan masing-masing percobaan. Pisang yang telah diperlakukan ditiriskan, dibungkus dalam kantong plastik berlubang, dan disimpan dalam suhu 28 °C atau sesuai dengan perlakuan masing-masing percobaan.

Asai Beberapa Macam Poliamin dan CaCl₂ terhadap Perubahan Fisik dan Kimia Buah Pisang. Ada lima perlakuan yang dicoba yaitu: kontrol, putresin 10⁻³ M, spermidin 10⁻³ M, spermin 10⁻³ M, dan 4% CaCl₂. Perendaman buah dalam masing-masing perlakuan dilakukan selama 30 menit. Kemudian buah disimpan pada suhu ruang (28 °C). Percobaan terdiri atas tiga ulangan.

Pengaruh Putresin dan Suhu Simpan terhadap Perubahan Fisik dan Kimia Buah Pisang. Faktor suhu terdiri atas dua taraf yaitu suhu ambien (28 °C) dan suhu

dingin (15 °C). Faktor putresin terdiri atas dua taraf yaitu tanpa putresin dan dengan putresin 10⁻² M. Perendaman buah dalam larutan putresin dilakukan selama 30 menit. Percobaan terdiri atas tiga ulangan.

Pengamatan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, 3, 7, 10, 14 (untuk kedua percobaan) dan 21 (untuk percobaan pengaruh putresin dan suhu simpan). Peubah yang diamati untuk kedua percobaan yaitu perubahan bobot, warna, kekerasan buah, kandungan gula. Kandungan asam total diukur pada percobaan pertama sedangkan vitamin C dianalisis pada percobaan yang ke dua. Perubahan bobot diukur dengan penimbangan pada saat sebelum penyimpanan dan saat pengamatan. Warna buah diukur dengan Chromameter. Peubah yang diukur yaitu tingkat perubahan warna kuning (b). Nilai b berkisar antara -70 dan +70 yang menunjukkan kisaran warna biru menjadi kuning. Perubahan kekerasan buah diukur dengan penetrometer. Pengukuran dilakukan pada tiga tempat pada bagian buah yang berbeda. Penetapan kandungan gula total ditentukan dengan menggunakan metode anthrone (Apriyantono *et al.*, 1989). Kandungan asam diukur dengan titrasi. Vitamin C dianalisis dengan metode Sudarmadji *et al.* (1984).

HASIL

Asai Beberapa Macam Poliamin dan CaCl₂ terhadap Perubahan Fisik dan Kimia Buah Pisang. Poliamin berpengaruh terhadap peubah susut bobot pada hari ke-7 tetapi tidak berpengaruh pada hari pengamatan lainnya. Spermidin menyebabkan susut bobot terkecil dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 1). Pada hari ke-14 spermidin juga menyebabkan susut bobot terkecil (8,8%) dibandingkan dengan kontrol (11,1%), walaupun secara statistik tidak nyata. Jenis poliamin dan CaCl₂ berpengaruh terhadap kekerasan

Tabel 1. Pengaruh Poliamin dan CaCl₂ terhadap Susut Bobot, Kekerasan dan Warna Kuning Buah Pisang

Perlakuan	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-7	Hari Ke-10	Hari Ke-14
Susut Bobot (%)					
Kontrol		1.5	4.4a	6.4	11.1
Putresin		1.4	4.2ab	6.4	10.0
Spermidin		1.1	2.8b	6.6	8.8
Spermin		1.4	4.8a	6.4	9.1
CaCl ₂		1.7	3.3ab	6.6	10.2
Kekerasan Buah (mm/50 g/10 detik)					
Kontrol	9.0ab	10.2	10.7	12.2	20.3
Putresin	8.6b	9.9	11.7	11.5	21.5
Spermidin	10.9a	9.7	11.6	10.8	23.4
Spermin	10.2ab	10.0	11.8	11.2	19.8
CaCl ₂	8.3b	8.6	11.8	11.2	28.0
Warna Kuning					
Kontrol	34.1	33.6	33.1	33.5	39.5
Putresin	33.9	38.8	33.4	33.1	39.5
Spermidin	34.1	32.4	32.8	33.9	42.4
Spermin	33.1	33.2	32.9	33.7	40.2
CaCl ₂	34.3	33.2	32.5	32.9	41.8

Angka-angka pada kolom sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Jujur pada taraf 5%.

buah pisang pada awal percobaan tetapi tidak mempunyai efek pada hari selanjutnya. Perlakuan putresin dan CaCl_2 berbeda nyata dengan perlakuan spermidin. Jenis poliamin dan CaCl_2 tidak berpengaruh terhadap munculnya warna kuning. Kandungan gula dan kandungan asam tidak dipengaruhi oleh perlakuan jenis poliamin dan CaCl_2 (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh Poliamin dan CaCl_2 terhadap Kandungan Gula dan Asam Tertitrasi pada Buah Pisang

Perlakuan	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-7	Hari Ke-10	Hari Ke-14	Gula (%)					
						Kontrol	Putresin	Spermidin	Spermin	CaCl_2	
Kontrol	0.41	0.44	0.70	1.00	4.11						
Putresin	0.39	0.39	0.60	0.93	3.95						
Spermidin	0.34	0.40	0.69	0.80	4.89						
Spermin	0.36	0.47	0.58	0.69	3.78						
CaCl_2	0.45	0.53	0.84	1.47	3.86						
			Asam Tertitrasi (mg/g Bahan)								
Kontrol	1.9	2.2	2.2	2.3	3.4						
Putresin	1.9	1.9	2.0	2.4	3.6						
Spermidin	2.1	2.0	2.3	2.3	3.2						
Spermin	1.5	2.0	2.3	2.4	3.6						
CaCl_2	1.7	2.2	2.4	3.1	2.9						

Pengaruh Putresin dan Suhu Simpan terhadap Perubahan Fisik dan Kimia Buah Pisang. Pada percobaan pengaruh putresin dan suhu dingin pengamatan secara lengkap hanya dilakukan sampai hari ke-14. Perbedaan suhu simpan secara konsisten mempengaruhi susut bobot buah (Tabel 3), kecuali pada hari ke-7. Susut bobot terbesar (7.57%) terjadi pada perlakuan suhu kamar (28 °C) hari ke 14. Tingkat susut bobot ini ternyata disamai oleh perlakuan penyimpanan dingin pada hari ke-21. Perlakuan putresin tidak berpengaruh terhadap susut bobot buah pisang ambon (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh Suhu Simpan dan Putresin terhadap Susut Bobot Buah Pisang Ambon.

Perlakuan	Hari Ke-3	Hari Ke-7	Hari Ke-10	Hari Ke-14	Hari Ke-21	Susut Bobot (%)				
						Suhu Simpan	Putresin	Tanpa Putresin		
Suhu Simpan										
Suhu 15 °C	1.04a	2.67	3.62a	5.07a	7.68					
Suhu 28 °C	1.72b	3.72	5.49b	7.57b	-					
Putresin										
Putresin	1.62a	3.14	4.57	6.20	-					
Tanpa Putresin	1.14b	3.25	4.54	6.22	-					

Angka-angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom dan faktor yang sama berbeda nyata menurut analisis ragam pada taraf 5%

Perlakuan suhu simpan berpengaruh nyata terhadap kekerasan buah (Tabel 4) pada hari ke-10 dan -14. Perbedaan mencolok terjadi pada hari ke-14, buah yang disimpan pada suhu 15 °C masih relatif keras (11.83 mm/50 g/ 10 detik), sementara yang pada suhu 28 °C buah sudah jauh lebih lunak (88.43 mm/50 g/ 10 detik). Pada penyimpanan dingin sampai hari ke-21 buah pisang masih relatif keras. Perlakuan putresin tidak berpengaruh terhadap kekerasan buah (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh Suhu Simpan dan Putresin terhadap Kekerasan Buah Pisang Ambon

Perlakuan	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-7	Hari Ke-10	Hari Ke-14	Hari Ke-21	Kekerasan Buah (mm/50 g/10 detik)					
							Suhu Simpan	Putresin	Tanpa Putresin			
Suhu Simpan												
Suhu 15 °C	10.20	11.11	13.40	13.36a	11.83a	12.95						
Suhu 28 °C	10.64	11.61	14.22	29.63b	88.43b	-						
Putresin												
Putresin	11.07	11.25	13.23	52.21	21.19	-						
Tanpa Putresin	10.76	11.47	14.40	20.27	41.82	-						

Warna kuning buah dipengaruhi oleh suhu simpan tetapi tidak dipengaruhi oleh perlakuan putresin (Tabel 5). Perubahan warna kuning yang cukup besar terjadi mulai hari ke-10 pada perlakuan suhu kamar, sedangkan nilai pengamatan pada suhu dingin relatif konstan selama penyimpanan. Nilai pengamatan pada perlakuan putresin dan tanpa putresin relatif sama.

Tabel 5. Pengaruh Suhu Simpan dan Putresin terhadap Munculnya Warna Kuning Buah Pisang Ambon

Perlakuan	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-7	Hari Ke-10	Hari Ke-14	Hari Ke-21	Warna Kuning					
							Suhu Simpan	Putresin	Tanpa Putresin			
Suhu Simpan												
Suhu 15 °C	34.69	35.45a	34.70	34.95a	34.66	34.74						
Suhu 28 °C	34.73	34.76b	36.13	41.77b	39.23	-						
Putresin												
Putresin	34.73	35.14	34.75	38.13	36.15	-						
Tanpa Putresin	34.69	35.07	36.07	38.60	37.45	-						

Suhu simpan berpengaruh terhadap kandungan gula buah pisang (Tabel 6). Suhu 28 °C menyebabkan peningkatan kandungan gula mulai hari ke-7. Peningkatan kandungan gula secara drastis terjadi pada hari ke-10. Sementara itu pada suhu simpan 15 °C, kandungan gula relatif konstan (<1.5 g/ 100 g bahan) sampai hari ke- 21. Hal ini didukung oleh analisis pati pada percobaan sebelumnya (data tidak dipublikasikan) yang menunjukkan penurunan kandungan pati terjadi mulai hari ke-7 pada buah yang disimpan pada suhu 28 °C. Sementara

Tabel 6. Pengaruh Suhu Simpan dan Putresin terhadap Kandungan Gula Buah Pisang Ambon

Perlakuan	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-7	Hari Ke-10	Hari Ke-14	Hari Ke-21	Gula (%)					
							Suhu Simpan	Putresin	Tanpa Putresin			
Suhu Simpan												
Suhu 15 °C	0.38	0.57	0.56	0.91a	0.73a	1.11						
Suhu 28 °C	0.55	0.67	1.82	10.84b	14.41b	-						
Putresin												
Putresin	0.53	0.59	0.87	4.60	6.98	-						
Tanpa Putresin	0.40	0.65	1.52	7.16	6.91	-						

kandungan pati pada buah yang disimpan pada suhu 15 °C relatif konstan sampai hari ke-21. Perlakuan putresin tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan gula selama percobaan (Tabel 6), walaupun kandungan gula pada buah yang tidak diperlakukan dengan putresin sedikit lebih tinggi pada hari ke-7 dan -10.

Perlakuan suhu simpan berpengaruh terhadap kandungan vitamin C pada hari ke-3 (Tabel 7). Suhu 15 °C dapat mempertahankan kandungan vitamin C, akan tetapi pada hari ke-7 dan seterusnya kandungan vitamin C secara relatif sama. Penyimpanan pada kedua suhu simpan ternyata menurunkan kandungan vitamin C.

Tabel 7. Pengaruh Suhu Simpan dan Putresin terhadap Kandungan Vitamin C (mg/100 g bahan) Buah Pisang Ambon

Perlakuan	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari
	Ke-0	Ke-3	Ke-7	Ke-10	Ke-14	Ke-21
	Vitamin C (mg/100g Bahan)					
Suhu Simpan						
Suhu 15 °C	46.19	35.90a	29.60	26.55	24.68	23.58
Suhu 28 °C	45.43	31.86b	27.39	26.54	36.38	-
Putresin						
Putresin	42.28a	34.51	27.41	31.23	26.97	-
Tanpa Putresin	49.34b	33.25	29.58	31.59	23.78	-

PEMBAHASAN

Secara umum perlakuan poliamin pada percobaan ini belum memberikan hasil yang konsisten. Ini bertentangan dengan apa yang telah dilaporkan oleh Davies *et al.* (1990) dan Kramer *et al.* (1991). Davies *et al.* (1990) melaporkan bahwa perlakuan poliamin dapat meningkatkan kekerasan buah dan memperpanjang daya simpan buah tomat dua kali lebih lama dibandingkan kontrol. Kramer *et al.* (1991) melaporkan perlakuan buah apel dengan poliamin dapat meningkatkan kekerasan buah. Apel yang disimpan dengan perlakuan kombinasi poliamin dan suhu dingin dapat mempertahankan kekerasan buah dan tahan disimpan selama 28 minggu. Ponappa *et al.* (1993) juga melaporkan bahwa aplikasi poliamin dengan infiltrasi vakum dapat mempertahankan kekerasan buah strauberi.

Perbedaan hasil tersebut kemungkinan disebabkan oleh metode aplikasi poliamin. Davies *et al.* (1990) dan Kramer *et al.* (1991) mengaplikasikan poliamin berturut-turut dengan infiltrasi vakum dan tekanan, sementara pada percobaan ini dilakukan dengan perendaman. Infiltrasi tekanan dilakukan selama sekitar tiga menit (William S. Conway, komunikasi pribadi). Pada percobaan ini 30 menit perendaman buah dalam putresin konsentrasi 10^{-2} M masih belum memberikan hasil yang memuaskan.

Poliamin telah dilaporkan dapat menghambat senesen (Apelbaum *et al.*, 1981; Altman, 1982; Evans dan Malmberg, 1989; Apelbaum, 1990; Galston dan Kaur-Sawhney, 1990, 1995) lewat penghambatan produksi etilen (Apelbaum *et al.*, 1981; Suttle, 1981; dan Apelbaum, 1990). Dalam percobaan ini diduga poliamin tidak mampu menghambat produksi etilen sehingga proses senesen tetap berjalan seperti perlakuan tanpa poliamin. Tidak mempunyainya poliamin menghambat produksi etilen kemungkinan disebabkan penyerapan poliamin oleh buah pisang rendah.

Meskipun banyak peneliti melaporkan bahwa poliamin dapat menghambat produksi etilen, Kramer *et al.* (1991) tidak mendeteksi adanya peningkatan produksi etilen pada buah apel yang mendapat perlakuan dengan poliamin, sebaliknya menemukan bahwa aplikasi CaCl_2 dengan infiltrasi tekanan dapat menekan produksi etilen. Mereka menduga bahwa efek poliamin mirip dengan CaCl_2 dalam membuat dinding sel lebih tegar.

Perlakuan CaCl_2 (Tabel 1) berpengaruh terhadap kekerasan buah hanya pada tahap awal percobaan. Pencelupan dengan CaCl_2 pada buah apel telah dilaporkan mampu menghambat proses pelunakan buah (Mason *et al.*, 1975). Sementara itu Conway dan Sams (1987) juga melaporkan bahwa pada infiltrasi tekanan ion logam divalen ternyata Ca^{+2} yang paling efektif mempertahankan kekerasan buah apel.

Diantara poliamin urutan yang paling kuat dalam menghambat senesen yaitu spermin spermidin putresin (Apelbaum, 1990). Pada percobaan ini perbedaan tersebut tidak terlihat kecuali spermidin yang dapat menghambat susut bobot lebih besar (Tabel 1).

KESIMPULAN DAN SARAN

Perlakuan perendaman buah pisang dalam poliamin memberikan efek menguntungkan dalam mempertahankan kualitas buah pisang tetapi masih kurang konsisten. Spermidin dapat menghambat susut bobot buah. Perlakuan perendaman buah dalam poliamin selama 30 menit belum mampu mempertahankan beberapa variabel kualitas buah yang diamati. Disarankan agar infiltrasi dengan tekanan dicoba dalam aplikasi poliamin. Penyimpanan buah pisang pada suhu 15 °C dapat menghambat susut bobot, peningkatan kandungan gula dan mempertahankan kekerasan buah. Suhu simpan 28 °C mempercepat pelunakan buah, peningkatan kandungan gula, dan susut bobot.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Proyek Berbagai Bidang Ilmu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan kepercayaan untuk melaksanakan dan mendanai penelitian ini. Kepada Dekan Fakultas Pertanian IPB, penulis berterima kasih atas dorongan pada awal penelitian ini. Penulis juga menyampaikan penghargaan kepada Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, dan Balai Besar Industri Hasil Pertanian atas fasilitas dan bantuan pada pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeles, F.S., P.W. Morgan, and M.E. Saltveit. 1992. *Ethylene in Plant Biology*. Second Ed. New York: Academic Press.
- Altman, A. 1982. Retardation of Radish Leaf Senescence by Polyamines. *Physiol. Plant.* 54:189-193.
- Apelbaum, A. 1990. Interrelationship between Polyamines and Ethylene and Its Implication for Plant Growth and Fruit Ripening, p. 278-294. In H.E. Flores, R.N. Artica &

- J.C. Shannon (Ed.). *Polyamines and Ethylene : Biochemistry, Physiology and Interactions*. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists.
- Apelbaum, A., A.C. Burgoon, J.D. Anderson, M.Lieberman, R. Ben-Arie, and A.K. Mattoo. 1981. Polyamines Inhibit Biosynthesis of Ethylene in Higher Plant Tissue and Fruit Protoplasts. *Plant Physiol.* 68:453-456.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedarnawati dan S. Budiyanto. 1989. *Analisa Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Conway, W.S., and C.E. Sams. 1987. The Effects of Postharvest Infiltration of Calcium, Magnesium, or Strontium on Decay, Firmness, Respiration, and Ethylene Production in Apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:300-303.
- Davies, P.J., R. Rastogi, and D.M. Law. 1990. Polyamines and Their Metabolism in Ripening Tomato Fruits. p.112-125. In H.E. Flores, R.N. Artica & J.C. Shannon (Eds.). *Polyamines and Ethylene : Biochemistry, Physiology and Interactions*. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists.
- Dibble, A.R.G., P.J. Davies, and M.A. Mutschler. 1988. Polyamine Content of Long-Keeping Alcobaca Tomato Fruit. *Plant Physiol.* 86:338-340.
- Evans, P.T., and R.L. Malmberg. 1989. Do Polyamines Have Roles in Plant Growth and Development? *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40:235-269.
- Galston, A.W., and R. Kaur-Sawhney. 1995. Polyamines as Endogenous Growth Regulators, p. 158-178. In P.J. Davies (Ed.). *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. Dordrecht: Kluwer.
- Galston, A.W., and R. Kaur-Sawhney. 1990. Polyamines in Plant Physiology. *Plant Physiol.* 94:406-410.
- Kramer, G.F., C.Y. Wang, and W.S. Conway. 1989. Correlation of Reduced Softening and Increased Polyamine Levels during Low-Oxygen Storage of 'McIntosh' Apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:942-946.
- Kramer, G.F., C.Y. Wang, and W.S. Conway. 1991. Inhibition of Softening by Polyamine Application in 'Golden Delicious' and 'McIntosh' Apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:813-817.
- Mason, J.L., J.J. Jasmia, and R.L. Granger. 1975. Softening of 'McIntosh' Apples Reduced by a Postharvest Dip in Calcium Chloride Solution Plus Thickeners. *Hort. Science* 10:524-525.
- Ponappa, T., J.C. Scheerens, and A.R. Miller. 1993. Vacuum Infiltration of Polyamines Increases Firmness of Strawberry Slices under Various Storage Conditions. *J. Food Sci.* 58:361-364.
- Softner, R.A., and B.G. Baldi. 1990. Polyamine Levels and Tomato Fruit Development: Possible Interaction with Ethylene. *Plant Physiol.* 92:547-550.
- Sudarmadji, S.B., B.Haryono, and Subardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suttle, J.C. 1981. Effect of Polyamines on Ethylene Production. *Phytochem.* 20:1477-1480.
- Wills, R.B.H, W.B. McGlasson, D. Graham, T.H. Lee, and E.G. Hall. 1989. *Pastharvest, an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. New York: AVI.