

## PENGENDALIAN PENCOKLATAN PRODUK HASIL RESTRUKTURISASI BUBUR BUAH TROPIS MENGUNAKAN BAHAN TAMBAHAN MAKANAN

(INHIBITION OF DISCOLORATION IN RESTRUCTURED TROPICAL FRUITS  
USING ANTI BROWNING ADDITIVES)

Sri Raharjo<sup>1)</sup>, Suparmo<sup>1)</sup>, Wahyu Supartono<sup>1)</sup> dan Zaki Utama<sup>2)</sup>

### ABSTRACT

Upon peeling and slicing fresh fruits are easily discolored due to enzymatic reaction in the presence of oxygen. Restructured fruit also suffer the discoloration during aerobic storage either at room temperature or under refrigeration. The objective of this study was to find alternatives for preventing or retarding the discoloration rate of calcium-alginate restructured fruits during aerobic refrigerated storage using anti browning additives. Four different fruits including avocado, mango, jack fruit, and soursop were restructured using sodium alginate (1% w/w) and calcium lactate (1% w/w). The additives tested were citric acid 0.5% (w/w), ascorbic acid 0.05% (w/w), sodium disulfite 0.01% (w/w), N-acetyl-cysteine 0.05% (w/w), and combination of citric acid 0.05% (w/w) and N-acetyl-cysteine 0.05% (w/w). Addition of anti browning additives at the specified concentration was effective in delaying the discoloration of restructured fruits during aerobic storage at 4°C for up to 6 days. Among the additives tested the use of combination of citric acid 0.05% (w/w) and N-acetyl-cysteine 0.05% (w/w) was the most effective in retarding the discoloration across the fruits. Restructured soursop, in particular, was not undergoing significant discoloration for 11 days of refrigerated storage.

*Keywords* : Restructured fruit, anti browning agents, tropical fruits

### PENDAHULUAN

Produk makanan seringkali mengalami pencoklatan baik akibat reaksi enzimatik atau nonenzimatik yang terjadi selama pengolahan dan penyimpanan. Reaksi semacam ini memiliki arti penting terhadap kualitas produk (baik atau buruk) dan oleh karenanya sangat penting dalam industri makanan (Sapers, 1993).

Produk potongan buah segar (*fresh-cut*) atau produk hasil restrukturisasi memiliki potensi sangat baik untuk dikembangkan. Produk-produk seperti ini mempunyai atribut yang menarik dan kualitas seperti buah segar (Dong et al., 2000; Mancini and McHugh, 2000). Salah satu masalah mendasar yang berkaitan dengan memperpanjang umur simpan dari potongan buah segar atau produk restrukturisasi ialah dengan adanya prosedur yang

melibatkan pengupasan kulit dan pemotongan menyebabkan bertemunya polifenol oksidase (PPO) dengan komponen fenolik untuk mengalami pencoklatan enzimatik dan menghasilkan warna coklat yang tidak diinginkan (Sapers and Douglas, 1987; Santerre et al., 1988; Laurila et al., 1998; Dong et al., 2000).

Secara teori, reaksi pencoklatan pada buah yang dikatalisa oleh PPO dapat dicegah dengan inaktivasi enzim menggunakan panas, menghilangkan atau merubah salah satu atau kedua substrat (O<sub>2</sub> dan fenol), menurunkan pH hingga 2 atau lebih, ataupun menambahkan suatu komponen yang menghambat aktivitas PPO atau mencegah terbentuknya melanin (Laurila et al., 1998). Dengan demikian metoda pengendalian pencoklatan pada buah dapat dibagi menjadi: kimia (umumnya melibatkan bahan seperti sulfit, asam sitrat, asam askorbat, N-acetyl-cysteine, dan lain-lain), enzimatik (menggunakan protease), fisik (misalnya penggunaan kemasan atmosfer terkendali), dan lainnya (kemungkinan penggunaan *edible coating*).

*Sulfiting agents* (sulfur dioksida, sodium sulfit, sodium dan potassium bisulfit dan metabisulfit) secara luas digunakan sebagai bahan tambahan untuk mencegah pencoklatan dari buah dan sayuran selama pengolahan (Ponting and Jackson, 1972; Sayavedra-Soto and Montgomery, 1986; Molnar-Perl and Friedman, 1990b; Santerre et al., 1991). Bahan tambahan ini merupakan agensia yang multifungsi, efektif mencegah pencoklatan enzimatik demikian juga pencoklatan nonenzimatik, mengendalikan pertumbuhan mikrobia, dapat digunakan sebagai antioksidan, bahan pemutih dan sangat efektif pada konsentrasi yang rendah (Laurila et al., 1998). Namun demikian dibalik keefektifannya yang tinggi dalam mengendalikan pencoklatan penggunaan sulfit sangat dibatasi karena berdampak negatif terhadap khususnya penderita penyakit asma (Sapers, 1993). Asam askorbat (vitamin C) sering disebut-sebut sebagai bahan alternatif sulfit yang paling efektif dalam mengendalikan pencoklatan (Sapers, 1993). Asam askorbat dan isomernya *erythorbic acid* (*d*-asam isoaskorbat) telah banyak digunakan dalam mencegah pencoklatan pada potongan buah segar dan buah beku seperti apel, pear, dan mangga (Sapers and Ziolkowski, 1987; Santerre et al., 1988; Sapers et al., 1989; Buta and Abbott, 2000; Dong et al., 2000; Gonzalez-Aguilar et al., 2000). Asam sitrat, yang

<sup>1)</sup> Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

<sup>2)</sup> Alumni PS. Ilmu dan Teknologi Pangan, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada

banyak digunakan sebagai bahan tambahan dalam berbagai formulasi pencegah pencoklatan, beraksi sebagai agensia pencelat logam dan pengasaman, kedua efek tersebut dapat menghambat aktivitas PPO (McCord and Kilara, 1983; Santerre et al., 1988; Santerre et al., 1991). Formulasi larutan L-asam askorbat (1,0%) dengan asam sitrat (0,5%) serta kalsium klorida (0,25%) telah digunakan secara komersial untuk menghambat terjadinya pencoklatan pada potongan buah apel (Santerre et al., 1988). Kemampuan dari cysteine dalam menghambat polifenoloksidase (PPO) telah dikenal lama. Cysteine mencegah terbentuknya pigmen coklat dengan bereaksi dengan quinon intermediet dan membentuk komponen yang stabil dan tidak berwarna (Friedman and Molnar-Perl, 1990). Studi yang dilakukan oleh Molnar-Perl and Friedman (1990a, b) menyebutkan bahwa efektivitas dari N-acetylcysteine mendekati atau sama dengan sulfite dalam mengendalikan pencoklatan apel, kentang, dan juice buah segar.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengendalian pencoklatan pada produk buah tropis hasil restrukturisasi menggunakan berbagai jenis bahan tambahan makanan.

## BAHAN DAN METODE

### Penyiapan bubur

Buah yang digunakan adalah buah alpukat (*Persea americana* Mill.), mangga (*Mangifera indica* L.) jenis arum manis, nangka (*Artocarpus heterophylla* L.), dan sirsak (*Annona muricata* L.) pada kondisi matang dan segar. Sebelum digunakan buah-buahan tersebut dicuci, dikupas, dan dihilangkan bijinya. Daging buah yang telah siap kemudian dijadikan bubur/puree dengan menggunakan *electronic bowl chopper* (Model Blixer 3, Robot Coupe S.N.C., Perancis).

### Restrukturisasi bubur buah

Larutan alginat diperoleh dengan melarutkan 5 g alginat Manugel DMB (ISP Alginates Inc., U.K.) dengan

150 ml aquadest dan larutan sodium tripolifosfat (STPP) diperoleh dengan melarutkan 0,5 g STPP (Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) dengan 50 ml aquadest untuk setiap batch pencampuran (500 g).

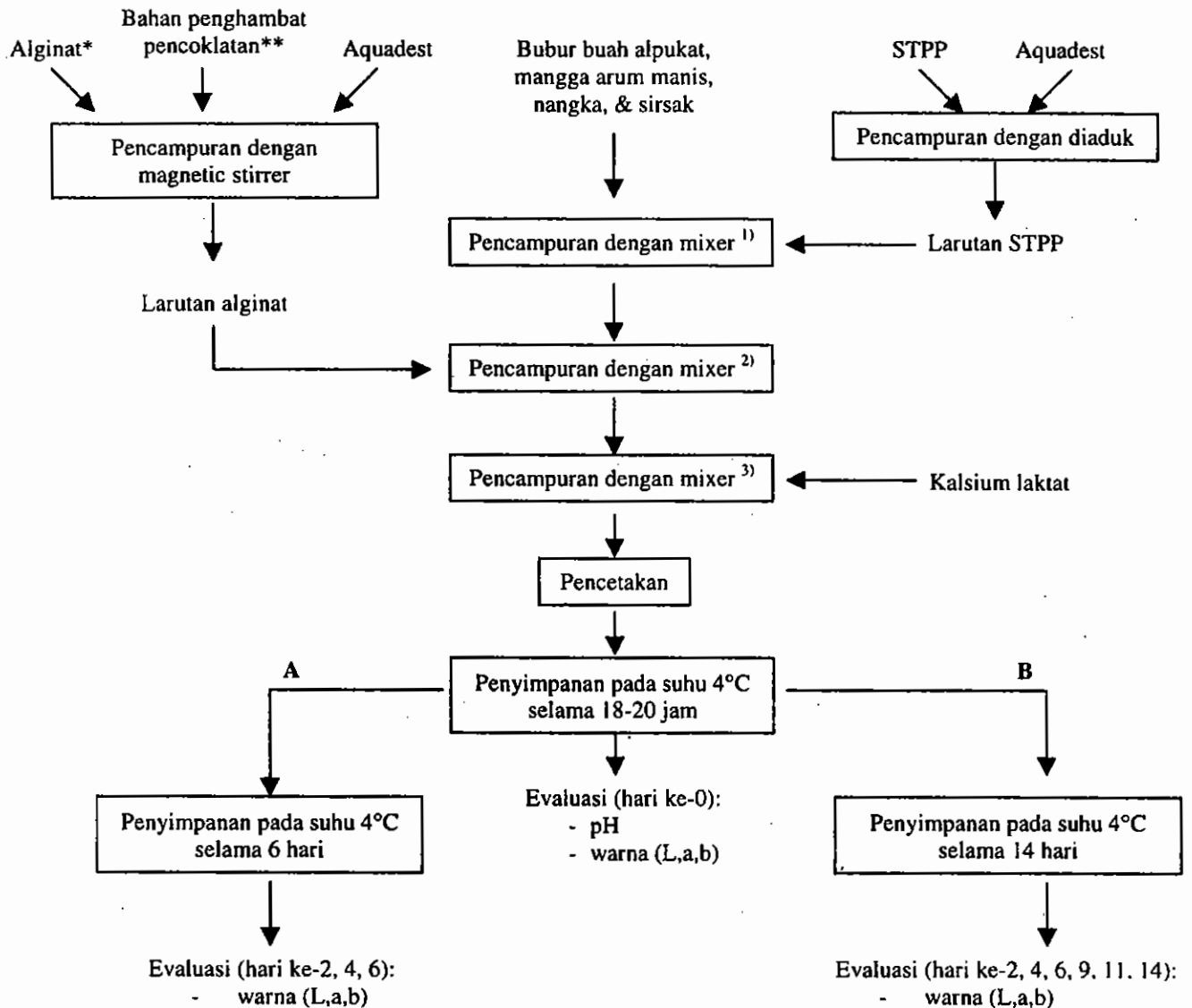
Dalam evaluasi pencoklatan produk hasil restrukturisasi ini dilakukan lima macam perlakuan yang berbeda (Tabel 1). Bahan penghambat pencoklatan L(+) asam askorbat, sodium bisulfite, asam sitrat monohidrat (ketiganya diperoleh dari Merck, Darmstadt Germany), dan N-acetyl-L-cysteine (Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) ditambahkan pada pembuatan larutan alginat (Gambar 1). Setelah itu larutan alginat yang telah ditambah bahan penghambat pencoklatan dicampur dengan bubur buah selama 5 menit (mixing dengan putaran 580 rpm). Kemudian ditambahkan larutan STPP dan pencampuran dilakukan selama 1 menit. Kemudian ditambahkan 5 g kalsium laktat dalam bentuk bubuk dengan mixing selama 15 detik. Setelah itu dilakukan pemindahan campuran ke cup plastik dengan ukuran 30 g campuran/cup dan disimpan pada suhu 4°C. Analisa hari ke-0 dilakukan setelah sampel disimpan selama 18-22 jam pada suhu 4°C.

### Pengukuran warna dan pH

Sebuah chromameter (Model Minolta CR 200, Minolta, Japan) digunakan untuk mengukur warna: L - *lightness*, a - *redness*, dan b - *yellowness* (Buta and Abbott, 2000; Loaiza-Velarde and Saltveit, 2001). Chromameter distandardisasi dengan sebuah *white plate*: L = 97,30, a = -0,52, b = 2,43. Sebelum dilakukan pengukuran sampel dari ruang dingin (4°C) dibiarkan pada suhu kamar selama 2 jam dan pengukuran dilaksanakan di bagian permukaan produk. Tiga kali pengukuran untuk masing-masing sampel. Pengukuran pH dilakukan dengan menghaluskan sampel hingga menjadi seperti bubur kembali, kemudian diukur dengan pH meter (TOA HM-205, Ogawa Seiki Co. Ltd., Japan).

Tabel 1. Formulasi perlakuan pada pengujian pengendalian perubahan warna produk hasil restrukturisasi selama penyimpanan dingin (4°C)

Komponen	Perlakuan I	Perlakuan II	Perlakuan III	Perlakuan IV	Perlakuan V
Bubur buah	289,5 g	291,75 g	291,95 g	291,75 g	287 g
Alginat	5 g	5 g	5 g	5 g	5 g
Kalsium laktat	2,5 g	2,5 g	2,5 g	2,5 g	2,5 g
STPP	0,5 g	0,5 g	0,5 g	0,5 g	0,5 g
Aquadest	200 ml	200 ml	200 ml	200 ml	200 ml
Asam sitrat	2,5 g	-	-	-	2,5 g
Asam askorbat	-	0,25 g	-	-	-
Na-bisulfit	-	-	0,05 g	-	-
N-acetyl-L-cysteine	-	-	-	0,25 g	0,25 g



\* alginat *high mannuronic* (DMB)

\*\* (1) asam sitrat (0,5%) / (2) asam askorbat (0,05%) / (3) sodium bisulfit (0,01%) / (4) N-acetyl-cysteine (0,05%) / (5) kombinasi asam sitrat (0,5%) dan N-acetyl-cysteine (0,05%)

1) 484 rpm selama 5 menit

2) 580 rpm selama 10 menit

3) 580 rpm selama 15 detik

STPP = sodium tripolyphosphate

A : produk hasil restrukturisasi buah alpukat, mangga arum manis, dan nangka

B : produk hasil restrukturisasi buah sirsak

Gambar 1. Untuk mengevaluasi: pengendalian perubahan warna produk hasil restrukturisasi buah tropis dengan bahan tambahan makanan

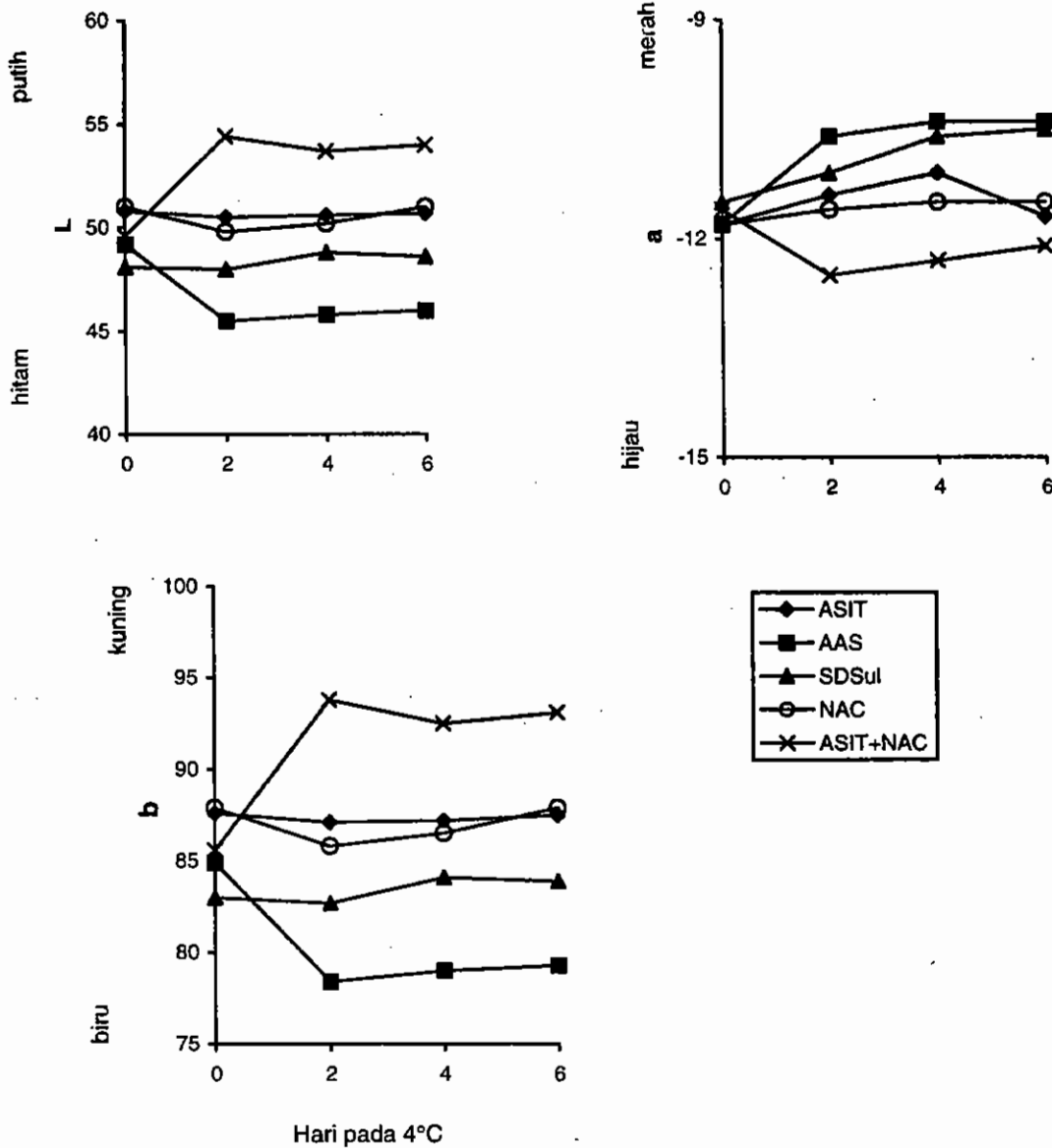
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu model warna yang umum digunakan dalam pengukuran warna pada penelitian produk pangan adalah  $L^*a^*b$  (Papadakis et al., 2000).  $L^*$  adalah komponen luminance atau lightness yang berkisar dari 0 sampai 100, dan  $a^*$  (dari hijau ke merah) dan  $b^*$  (dari biru ke kuning) adalah dua komponen kromatis yang memiliki kisaran dari -120 hingga +120 (Anonim, 2001). Nilai  $L$

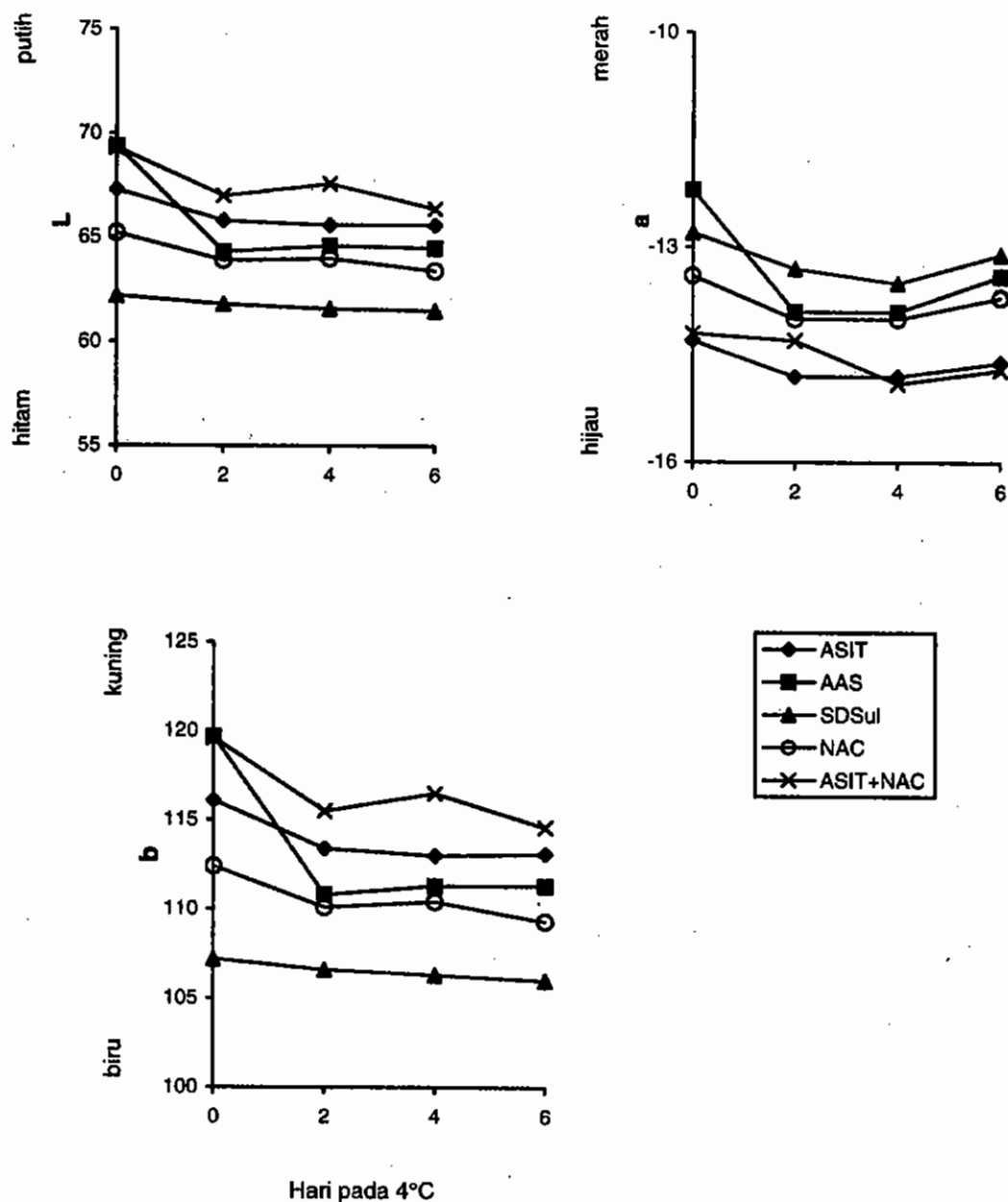
dan  $b$  produk dari buah mangga dengan perlakuan ASIT+NAC mengalami kenaikan yang signifikan setelah 2 hari penyimpanan walaupun setelah itu relatif tidak berubah. Sebaliknya, pada perlakuan dengan AAS produk buah mangga setelah 2 hari penyimpanan warna menjadi lebih gelap yang ditandai dengan nilai  $L$  dan  $b$ -nya turun cukup signifikan dan setelahnya relatif tidak banyak berubah (Gambar 2). Gejala yang sama juga ditunjukkan oleh produk buah nangka dengan perlakuan AAS (Gambar

3). Produk buah mangga dengan perlakuan ASIT, SDSul, dan NAC tidak mengalami perubahan nilai **L** dan **b** yang berarti selama 6 hari penyimpanan (Gambar 2). Produk hasil restrukturisasi bubuk buah nangka dengan perlakuan ASIT, SDSul, NAC dan ASIT+NAC relatif tidak banyak

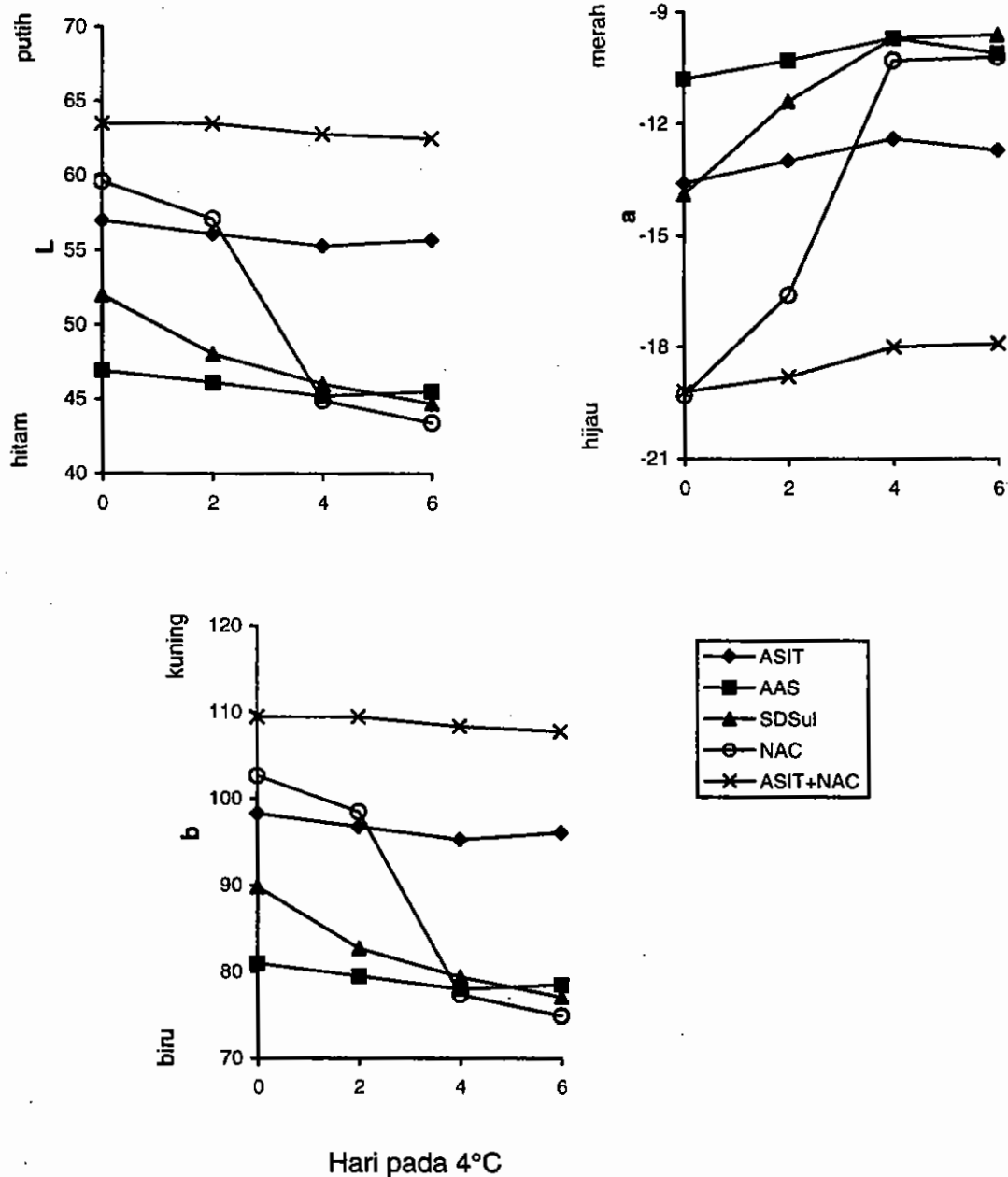
mengalami perubahan nilai **L** dan **b** selama 6 hari penyimpanan (Gambar 3). Perlakuan dengan menggunakan SDSul dan NAC tidak begitu efektif dalam mempertahankan nilai **L/b** dari produk buah alpukat (Gambar 4).



Gambar 2. Pengaruh perlakuan *anti-browning agents* terhadap warna ( $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ ) dari produk hasil restrukturisasi bubuk buah mangga arum manis selama 6 hari penyimpanan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ ; pengukuran dilakukan pada permukaan produk. Perlakuan: ASIT = Asam sitrat 0,5%; AAS = Asam askorbat 0,05%; SDSul = Sodium bisulfit 0,01%; NAC = N-acetyl-cysteine 0,05%; ASIT+NAC = sama dengan ASIT + N-acetyl-cysteine 0,05%.



Gambar 3. Pengaruh perlakuan *anti-browning agents* terhadap warna ( $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ ) dari produk hasil restrukturisasi bubur buah nangka selama 6 hari penyimpanan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ ; pengukuran dilakukan pada permukaan produk. Perlakuan: ASIT = Asam sitrat 0,5%; AAS = Asam askorbat 0,05%; SDSul = Sodium bisulfit 0,01%; NAC = N-acetyl-cysteine 0,05%; ASIT+NAC = sama dengan ASIT + N-acetyl-cysteine 0,05%.



Gambar 4. Pengaruh perlakuan *anti-browning agents* terhadap warna ( $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ ) dari produk hasil restrukturisasi bubuk buah alpukat selama 6 hari penyimpanan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ ; pengukuran dilakukan pada permukaan produk. Perlakuan: ASIT = Asam sitrat 0,5%; AAS = Asam askorbat 0,05%; SDSul = Sodium bisulfit 0,01%; NAC = N-acetyl-cysteine 0,05%; ASIT+NAC = sama dengan ASIT + N-acetyl-cysteine 0,05%.

Setelah 6 hari penyimpanan pada  $4^{\circ}\text{C}$ , produk hasil restrukturisasi buah mangga arum manis yang diberi perlakuan penambahan NAC menunjukkan kestabilan nilai  $a^*$  yang paling baik diikuti oleh perlakuan menggunakan ASIT dan ASIT+NAC. Sedangkan pada perlakuan AAS

dan SDSul menunjukkan adanya peningkatan nilai  $a^*$ , yang berarti kurang efektif dalam menghambat terjadinya pencoklatan pada produk buah mangga arum manis (Gambar 2). Gonzalez-Aguilar et al. (2000) juga menyebutkan bahwa penggunaan asam askorbat tidak

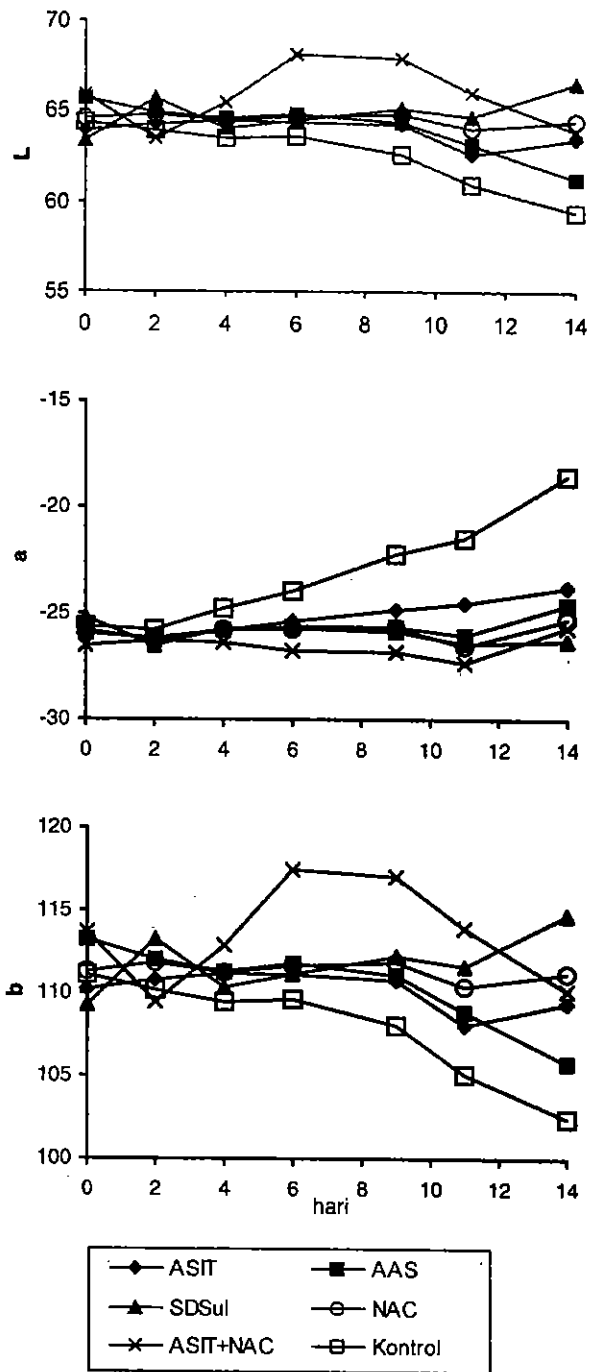
mengurangi terjadinya pencoklatan pada potongan buah mangga segar, namun demikian jika dikombinasikan dengan 4-hexylresorcinol dan potassium sorbat menjadi sangat efektif dalam menghambat pencoklatan potongan buah mangga.

Perlakuan penambahan bahan penghambat pencoklatan pada produk hasil restrukturisasi buah nangka terbukti efektif sebagaimana. lko198ahan asam sitrat adalah perlu. Tampaknya penghambatan pencoklatan pada buah alpukat lebih dipengaruhi oleh kondisi keasaman (pH) yang ditimbulkan oleh asam sitrat, dimana perlakuan ASIT dan ASIT+NAC memiliki pH lebih rendah dibanding perlakuan lainnya (Tabel 2). Pernyataan sama juga dikemukakan oleh McCord and Kilara (1983) yang menyebutkan bahwa dalam kondisi pH 3,5 asam sitrat efektif menghambat pencoklatan pada jamur merang dan pencegahan pencoklatan enzimatik yang terjadi lebih disebabkan non-aktifnya PPO akibat pH rendah yang ditimbulkan oleh asam sitrat. Evaluasi penggunaan beberapa bahan penghambat pencoklatan yang lain (EDTA, asam benzoat, NaCl, glutathione, dan 4-hexylresorcinol) terhadap penghambatan aktivitas polifenoloksidase buah alpukat juga telah dilakukan oleh Weemaes et al. (1999) dan menyebutkan jika masing-masing *anti-browning* tersebut memiliki efektivitas yang berbeda-beda.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan bahan penghambat pencoklatan terhadap pH produk restrukturisasi buah alpukat, mangga, nangka, dan sirsak

Buah	Perlakuan*	pH
Alpukat	ASIT	4,2
	AAS	5,6
	SDSul	5,7
	NAC	5,5
	ASIT+NAC	4,3
	Kontrol	5,5
Mangga arum manis	ASIT	3,8
	AAS	4,1
	SDSul	4,1
	NAC	4,1
	ASIT+NAC	3,7
	Kontrol	4,1
Nangka	ASIT	4,0
	AAS	4,5
	SDSul	4,6
	NAC	4,5
	ASIT+NAC	4,0
	Kontrol	4,5
Sirsak	ASIT	3,0
	AAS	3,4
	SDSul	3,4
	NAC	3,5
	ASIT+NAC	3,2
	Kontrol	3,4

\* Perlakuan: ASIT = Asam sitrat 0,5%; AAS = Asam askorbat 0,05%; SDSul = Sodium disulfit 0,01%; NAC = N-acetyl-cysteine 0,05%; ASIT+NAC = sama dengan ASIT + N-acetyl-cysteine 0,05%.



Gambar 5. Pengaruh perlakuan *anti-browning agents* terhadap parameter warna (CIE L\*a\*b) dari produk hasil restrukturisasi bubuk buah sirsak selama 14 hari penyimpanan pada 4°C; pengukuran dilakukan pada permukaan produk. Perlakuan: Kontrol = tanpa penambahan *anti-browning agents*; ASIT = Asam sitrat 0,5%; AAS = Asam askorbat 0,05%; SDSul = Sodium disulfit 0,01%; NAC = N-acetyl-cysteine 0,05%; ASIT+NAC = sama dengan ASIT + N-acetyl-cysteine 0,05%.

Setelah 14 hari penyimpanan pada 4°C, produk hasil restrukturisasi bubur buah sirsak yang diberi perlakuan ASIT, SDSul, dan NAC dapat mempertahankan nilai L dan b (Gambar 5). Sedangkan perlakuan AAS hanya dapat mempertahankan nilai L dan b hingga hari ke-9 dan setelahnya turun secara signifikan. Produk kontrol (tanpa penambahan *anti-browning agents*) menunjukkan nilai L dan b yang paling rendah (Gambar 5). Untuk nilai a, produk kontrol memperlihatkan kenaikan yang paling tinggi mengindikasikan terjadinya pencoklatan yang paling intensif (Gambar 5). Perlakuan SDSul adalah yang paling efektif untuk produk restrukturisasi buah sirsak dalam menghambat pencoklatan hingga 14 hari penyimpanan pada 4°C (Gambar 5). Sedangkan perlakuan AAS, NAC, dan ASIT+NAC hanya tampak efektif menghambat pencoklatan hingga hari ke-11 dan setelah itu nilai a cenderung meningkat (Gambar 5). Sementara perlakuan ASIT tidak begitu efektif menunda terjadinya pencoklatan pada produk restrukturisasi buah sirsak (Gambar 5). Tidak mudahnya produk sirsak mengalami pencoklatan pada semua perlakuan dengan *anti-browning agents* tampaknya didukung nilai pH yang rendah (Tabel 2).

## KESIMPULAN

Perlakuan dengan asam sitrat (0,5% b/b), asam askorbat (0,05%), Na-disulfit (0,01%), N-acetyl-cysteine (0,05%), dan kombinasi asam sitrat (0,5%) dengan N-acetyl-cysteine (0,05%) cukup efektif dalam menahan pencoklatan pada produk dari buah sirsak (11 hari penyimpanan pada suhu 4°C), mangga dan nangka (6 hari penyimpanan pada suhu 4°C). Kombinasi asam sitrat (0,5%) dengan N-acetyl-cysteine (0,05%) merupakan perlakuan yang paling efektif dibandingkan perlakuan lainnya dalam menghambat terjadinya pencoklatan di produk buah alpukat selama 6 hari penyimpanan pada suhu 4°C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Kantor Meneteri Negara Riset dan Teknologi RI atas pendanaan penelitian ini melalui proyek RUT VIII tahun 2001.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001. *Adobe Photoshop 6.0 User Guide*. Adobe Systems Inc., San Jose, Calif.
- Buta, J.G. and Abbott, J.A., 2000. Browning Inhibition of Fresh-cut 'Anjou', Bartlett', and 'Bosc' Pears. *HortScience*, 35(6): 1111-1113.
- Dong, X., Wrolstad, R.E., and Sugar, D., 2000. Extending Shelf Life of Fresh-cut Pears. *J. Food Science*, 65: 181-186.
- Friedman, M. and Molnar-Perl, I., 1990. Inhibition of Browning by Sulfur Amino Acids. 1. Heated Amino Acid-Glucose Systems. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1642-1647.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., and Buta, J.G., 2000. Maintaining Quality of Fresh-cut Mangoes Using Antibrowning Agents and Modified Atmosphere Packaging. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 4204-4208.
- Laurila, E., Kervinen, R., and Ahvenainen, R., 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News and Information* Vol. 9 No. 4, p. 53-66.
- Loaiza-Velarde, J.G. and Saltveit, M.E., 2001. Heat Shocks Applied either before and after Wounding Reduce Browning of Lettuce Leaf Tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Science*, 126(2): 227-234.
- Mancini, F. and McHugh, T.H., 2000. Fruit-alginate Interactions in Novel Restructured Products. *Nahrung*, 44: 152 - 157.
- McCord, J.D. and Kilara, A., 1983. Control of Enzymatic Browning in Processed Mushrooms (*Agaricus bisporus*). *J. Food Science*, 48: 1479-1483.
- Molnar-Perl, I. and Friedman, M., 1990a. Inhibition of Browning by Sulfur Amino Acids. 2. Fruit Juices and Protein-Containing Foods. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1648-1651.
- Molnar-Perl, I. and Friedman, M., 1990b. Inhibition of Browning by Sulfur Amino Acids. 3. Apples and Potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1652-1656.
- Papadakis, S.E.; Malek, S.A.; Kamdem, R.E.; and Yam, K.L., 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. *Food Technology*, 54(12): 48-51.
- Ponting, J.D. and Jackson, R., 1972. Pre-freezing Processing of Golden Delicious Apple Slices. *J. Food Science*, 37: 812-814.
- Santerre, C.R., Cash, J.N., and Vannorman, D.J., 1988. Ascorbic Acid/Citric Acid Combinations in the Processing of Frozen Apple Slices. *J. Food Science*, 53: 1713-1716, 1736.
- Santerre, C.R., Leach, T.F., and Cash, J.N., 1991. Bisulfite Alternatives in Processing Abrasion-Peeled Russet Burbank Potatoes. *J. Food Science*, 56: 257-259.
- Sapers, G.M. and Douglas, F.W. JR., 1987. Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in Juice of Raw Apple and Pear Fruits. *J. Food Science*, 52: 1258-1262, 1285.
- Sapers, G.M. and Ziolkowski, M.A., 1987. Comparison of Erythorbic and Ascorbic Acid as Inhibitors of Enzymatic Browning in Apple. *J. Food Science*, 52: 1732-1733, 1747.
- Sapers, G.M., Hicks, K.B., Phillips, J.G., Garzarella, L., Pondish, D.L., Matulaitis, R.M., McCormack, T.J., Sondey, S.M., Seib, P.A., and El-Atawy, Y.S., 1989. Control of Enzymatic Browning in Apple with Ascorbic Acid Derivatives, Polyphenol Oxidase Inhibitors, and Complexing Agents. *J. Food Science*, 54: 997-1002, 1012.
- Sapers, G.M., 1993. Browning of Foods: Control by Sulfites, Antioxidants, and Other Means. *Food Technology*, 47: 75-84.
- Sayavedra-Soto, L.A. and Montgomery, M.W., 1986. Inhibition of Polyphenoloxidase by Sulfite. *J. Food Science*, 51: 1531-1536.
- Weemaes, C., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., and Hendrickx, M., 1999. Kinetic Study of Antibrowning Agents and Pressure Inactivation of Avocado Polyphenoloxidase. *J. Food Science*, 64(5): 823-827.