

PERUBAHAN SENYAWA VOLATIL PADA SAYURAN KERING AKIBAT RADIASI FAR INFRA RED

R. Rachmat, S. Lubis, M. Hadipernata dan I. Agustina

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

ABSTRAK

Sifat komoditas hortikultura mudah rusak sehingga untuk pengolahannya memerlukan teknologi yang mampu meminimalkan perubahan mutu dari keadaan segarnya. Tulisan ini membahas hasil evaluasi empiris perubahan senyawa volatil pada sayuran kering yang diproses melalui radiasi *Far Infrared* (FIR) dan merupakan bagian dari hasil penelitian yang dilakukan pada tahun 2003 dan 2004, di Instalasi Laboratorium Pascapanen Karawang, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bahan sayuran yang dikeringkan meliputi bawang putih, bayam, seledri, cabe merah dan jamur merang. Pengeringan dilakukan pada variasi suhu 50-60°C dan kadar air akhir sayuran mencapai 4,95-8,81% dengan lama waktu 12-100 menit. Melalui teknologi radiasi FIR terjadi penurunan senyawa volatil, tetapi tingkat kehilangan yang terjadi relatif minimal. Senyawa volatil pada irisan bawang putih kering mengalami penurunan 67,2% dan pada seledri berkurang 37,3%, sedangkan pada bayam, cabe merah dan jamur merang kering masing-masing mengalami penurunan sekitar 17-99%. Penyimpanan sayuran kering yang dilakukan dalam kemasan aluminium foil, plastik *polyethylene* dengan ketebalan 0,1 mm dan 0,3 mm pada suhu ruang (28-30°C) dan suhu dingin (19-21°C). Pengamatan warna dan analisis mutu dilakukan pada awal penyimpanan, setelah empat minggu dan pada akhir penyimpanan (8 minggu). Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan. Data dianalisis dengan uji keragaman (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Tukey 5%. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh waktu penyimpanan terhadap penurunan mutu terjadi dengan meningkatnya kadar air, menurunnya kadar abu, vitamin C, VRS (*Volatile Reducing Substances*) dan klorofil, serta perubahan warna selama penyimpanan. Suhu dingin cenderung dapat mempertahankan mutu sayuran kering lebih baik dari suhu ruang. Jenis kemasan aluminium foil relatif lebih baik daripada jenis kemasan lainnya.

Kata kunci: *Far infrared* (FIR), senyawa volatil, sayuran kering, penyimpanan

ABSTRACT

Horticulture is a perishable commodity, therefore processing this commodity requires technology with minimal quality changes. This paper describes the empirical evaluation of volatile substance changes from dried vegetables through Far Infrared (FIR). This paper is a part of the research results on drying vegetable through FIR conducted from 2003 to 2004 at Karawang Postharvest Research Laboratory, Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development. This research employed garlic, spinach, celery, red chilly and straw mushroom. The FIR drying method was set up at 50-60 °C and to reach the final moisture content of dried vegetables around 4.95 – 8.81% required 12 – 100 minutes of drying time. The FIR method exhibited effective drying time with minimum changes in volatile reducing substance (VRS) content. The volatile substance changes of dried sliced garlic was 67,2%, celery was 37,3%, while spinach, red chilly and straw mushroom were around 17-99%. Investigation on dried vegetable storage in aluminum foil, polyethylene film 0,1 mm and 0,3 mm. The dried vegetables in packages stored inside room temperature (28-30°C) and low temperature room (19-21°C). The analysis on color, and quality parameters were evaluated from the initial condition, after four weeks and final storage period (8 weeks). The data analysis employed Randomized Complete Block Design (RCBD) with ANOVA and Tukey test at 5%. The effect of packages material on quality depreciation of dried vegetables storage was identified. The results showed that there were an increase of moisture content, and decreasing ash content, Vitamin C, and VRS. The chlorophyll decreasing was indicated by the

changes of green-leafy color. Low temperature tended to keep the quality better than room temperature. The aluminum foil was better than other packaging material.

Keywords: Far infrared, volatile substance, dried vegetable, storage

PENDAHULUAN

Komponen utama komoditas sayuran adalah air dengan kisaran 81-91%, kandungan proteinnya 0,6- 4,8 %, lemak 0,1-1,0%, serta karbohidrat 2,9-11,3% (Muchtadi *dalam* Sinaga, 2000). Dengan kandungan komponen tersebut, maka sifat komoditas hortikultura mudah sekali mengalami perubahan fisiologis, kimia dan fisik bila tidak ditangani secara tepat dan sangat mudah rusak terutama selama proses pengolahan atau penanganan pascapanen.

Salah satu tahap penting dalam penanganan pascapanen sayuran adalah pengeringan. Perkembangan teknologi pengeringan telah semakin maju, pengeringan tidak hanya ditujukan agar bahan kering dan aman untuk disimpan, tetapi juga perubahan kandungan nutrisi, vitamin, aroma, warna dan rasa terjadi seminimal mungkin, khususnya pada komoditas yang mengandung senyawa aktif dan bersifat volatil.

Volatile Reducing Substance (VRS) merupakan zat-zat yang mudah menguap dalam suatu bahan atau produk dan mudah direduksi yaitu senyawa sulfur seperti profilsulfur dan profenilsulfur dan aldehyd seperti asetaldehyd dan propanoldehyd. Semakin tinggi kadar VRS pada suatu bahan menunjukkan mutu yang semakin baik dan biasanya dengan perlakuan pengeringan, kadar VRS suatu bahan akan mengalami penurunan. Hasil penelitian Sinaga dan Histifarina (2000) menunjukkan bahwa hasil pengeringan bawang putih dengan menggunakan oven pada suhu 50°C, dan di-*blanching* dengan Na₂SO₄ 750 ppm dapat mempertahankan kadar VRS 125,75 mgrek/g. Histifarina dan Mussadad (1998) menjelaskan bahwa kadar VRS bawang merah setelah melalui proses pelayuan dengan oven pada suhu 46°C selama 16 jam menghasilkan kadar VRS sebesar 3.17 mgrek/g dan pelayuan dengan menggunakan sinar matahari pada kondisi suhu dan kelembaban masing-masing 15,6-23,9°C, 85,5-87,9% selama 5 hari menghasilkan kadar VRS 5,95 mgrek/g. Dalam penelitian Sinaga (2000) dihasilkan bahwa pengeringan jamur merang dengan menggunakan udara panas atau oven suhu 40-45°C dengan waktu 8 jam terjadi penurunan berat sebesar 10%. Penelitian Hartuti *et al.* (1997) menunjukkan bahwa penggunaan 500 ppm larutan *meta bisulfit* dengan lama perendaman 10 menit dalam pengeringan bawang merah merupakan perlakuan yang terbaik dilihat dari VRS yang tinggi (31,15 mgrek/g), kadar air (4,89 %), kadar abu 12,03% dengan penilaian aroma cukup disukai (3,29%).

Sebagai akibat proses pengeringan dapat menimbulkan penambahan atau perubahan komponen. Penambahan jumlah komponen terjadi pada rempah-rempah atau adanya pembentukan komponen baru, mungkin sebagai akibat reaksi oksidasi, hidrolisis bentuk *glycosylated* atau pelepasan senyawa mengikuti rusaknya dinding sel (Huopalahti, *et al.*, 1985 *di dalam* Diaz-Maroto, 2002). Hal serupa mungkin terjadi pada produk sayuran yang memiliki senyawa volatil yang khas dan merupakan ciri utamanya.

Dalam penelitian ini dipergunakan teknologi pengeringan yang relatif baru dengan memanfaatkan radiasi panjang gelombang lebih besar dari *infrared* dan lebih kecil dari *microwave* (3 - 1000µm), yaitu radiasi sinar *Far Infrared* (FIR). Proses pengeringan yang terjadi dengan FIR sangat efisien karena panas radiasi langsung menembus bagian dalam molekul-molekul dan memutus ikatan molekul air pada molekul bahan tanpa melalui media perantara (udara) seperti halnya pada proses konveksi atau konduksi (Rachmat *et al.*, 2003). Pada umumnya komoditas pangan dapat menyerap gelombang

pada rentang 2-20 μ m, sehingga radiasi FIR dapat dipergunakan untuk kepentingan pengeringan bahan pangan (Hashimoto *et al.*, 1992).

Penyimpanan sebagai kelanjutan dari proses pengolahan bahan pangan menjadi perhatian karena untuk menjamin mutu dan keamanan produk pangan yang akan dikonsumsi dalam jangka waktu tertentu. Kerusakan dan penurunan mutu sering terjadi selama penyimpanan, terutama pada produk kering. Penyimpanan sayuran kering biasanya tidak hanya menyebabkan kehilangan komponen aroma, tetapi juga terjadinya pembentukan komponen volatil yang menimbulkan aroma tidak dikehendaki (*off flavour*). Aroma seperti rumput kering (*hay-like off flavour*) seringkali ditemui pada sampel bayam kering yang disimpan di udara terbuka pada suhu 30°C. Sementara itu, pada suhu rendah (-20°C) dan kondisi atmosfer nitrogen, aroma yang terbentuk seperti bau ikan (*fishy off flavour*). Aroma seperti rumput kering tersebut disebabkan oleh degradasi oksidatif dari senyawa *furan fatty acid* yang menghasilkan *3-methyl-2,4-nonanedione* (Masanetz *et al.*, 1998).

Kerusakan atau perubahan aroma yang diukur dengan kadar VRS selama penyimpanan merupakan hal yang seringkali membatasi masa simpan produk kering. Beberapa faktor yang menyebabkan perubahan aroma tersebut diantaranya akibat interaksi komoditas dengan bahan pengemas, absorpsi komponen *malodorous* dari lingkungan penyimpanan, reaksi pencokelatan non enzimatis, dan pembentukan karbonil dari autooksidasi lemak selama penyimpanan. Perubahan karbonil dapat terjadi selama penyimpanan produk susu bubuk, produk sayuran kering (Lovegreen *et al.*, 1979 dalam Samwal *et al.*, 1995).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian dilakukan pada tahun 2003 dan 2004, di Instalasi Laboratorium Pascapanen Karawang, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bahan sayuran yang digunakan sebagai sampel meliputi bawang putih, bayam, seledri, cabe merah dan jamur merang yang diperoleh dari pasar Karawang. Pengeringan dilakukan pada variasi suhu 50-60°C. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah pelarut, pengeksrak, pengencer dan standar untuk melakukan analisis. Alat-alat yang digunakan adalah pengering teknologi *Far Infrared* (FIR), *chromameter* merk Colortec-PCM, tipe SN-3001225, oven listrik, spektrofotometer, *gas chromatography* dan berbagai alat-alat gelas yang diperlukan untuk analisis.

Metode

Pengeringan sayuran

Tahapan pembuatan sayuran kering diawali dengan pembersihan, perajangan kemudian dilakukan pembilasan dalam air panas suhu 85-90°C selama 1 menit. Setelah ditiriskan, bahan ditata di atas *tray* pengering. Proses pengeringan dengan pengering FIR dilakukan pada suhu 60°C dengan kecepatan conveyor lintasan bahan 2 cm/detik.

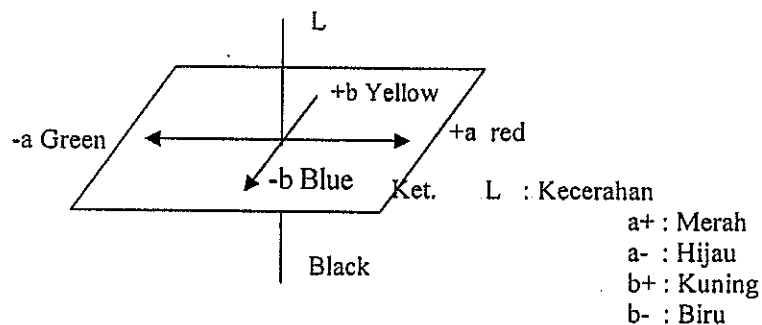
Penyimpanan sayuran kering

Sayuran kering disimpan dalam kemasan yang terdiri dari aluminium foil dan *polyethylene film* dengan ketebalan 0,1 dan 0,3 mm. Penyimpanan dilakukan dalam ruangan pada suhu kamar (28-30°C) dan suhu rendah (19-21°C). Lama penyimpanan 8

minggu dan selama penyimpanan dilakukan sampling evaluasi mutu pada awal penyimpanan, setelah 4 minggu dan akhir penyimpanan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan tiga kali ulangan. Data dianalisis dengan ANOVA dan uji Turkey 5%.

Analisis mutu

Analisis mutu meliputi pengukuran kadar air awal dan akhir dengan metode oven (AOAC, 1996), pengukuran vitamin C (*asam askorbat*) dengan metode spektrofotometer (AOAC, 1996), pengukuran VRS (*Volatile Reducing Substances*) (AOAC, 1985), pengukuran klorofil daun (IRRI, 1980), dan pengukuran warna dengan menggunakan *chromameter* dengan prinsip interpretasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Interpretasi hasil analisis warna dengan *chromameter*

Parameter warna yang diamati adalah L, a dan b yang merupakan parameter warna *Hunter*. Nilai L menunjukkan kecerahan bahan. Kisaran nilai L antara 0 sampai 100. Parameter a menunjukkan nilai warna merah-hijau. Untuk warna merah kisaran nilainya antara 0 sampai +100, sedangkan warna hijau kisarannya antara 0 sampai -80. Semakin besar nilai positif a berarti warna semakin merah, sementara itu, bila nilai negatifnya semakin tinggi maka warna semakin hijau. Parameter b menunjukkan warna kuning-biru. Warna kuning memiliki kisaran warna 0 sampai +70, sedangkan kisaran untuk warna biru adalah 0 sampai -70.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek Pengeringan Terhadap Sifat Fisikokimia Sayuran

Kadar air dan rendemen

Pengeringan sayuran bawang putih, bayam, seledri, cabe merah dan jamur merang melalui teknologi FIR ditempuh dalam waktu yang relatif singkat dan sangat bervariasi yaitu antara 12 sampai 100 menit (Tabel 1). Rendemen bahan sayuran kering terhadap bahan segar diperoleh dengan kisaran antara 8,90% sampai 24,42%. Untuk bayam dan seledri diperlukan waktu pengeringan selama 12 dan 20 menit. Sedangkan untuk pengeringan bawang putih, jamur merang dan cabe merah diperlukan waktu pengeringan masing-masing 56, 60 dan 100 menit. Adanya perbedaan waktu pengeringan ini diantaranya karena faktor kadar air awal, ketebalan irisan dan bentuk strukturnya dari komoditas tersebut tidak sama.

Tabel 1. Karakteristik sayuran kering melalui teknologi FIR FITRAH-PPI (input 5 kg berat basah, suhu 60°C)

No	Komoditas	Waktu (menit)	Kadar air awal (%)	Kadar Air akhir (%)	Rendemen (%)	Rehidrasi (%)
1	Bawang Putih	56	69,42	5,60	24,42	60,28
2	Bayam	12	85,62	5,31	14,92	90,79
3	Jamur Merang	60	89,85	7,07	8,90	65,42
4	Seledri	20	85,66	4,95	17,66	87,13
5	Cabe Merah	100	78,86	8,81	26,92	76,97

Rehidrasi

Evaluasi terhadap sifat rehidrasi sayuran kering memerlukan waktu dengan kisaran 3,5 hingga 6,51 menit. Rehidrasi yang cepat terlihat pada sayuran bayam dan seledri masing-masing memerlukan waktu 3,56 menit dan 4,52 menit. Sedangkan untuk sayuran bawang putih, jamur merang, dan cabe merah waktu rehidrasi hampir sama. Kapasitas penyerapan air suatu partikel kering ditentukan dengan perendaman dalam air pada suhu 75-80°C dengan lama waktu ditentukan berdasar penambahan volume bahan kering (*swelling*) dan jumlah air yang diserap oleh bahan kering sama dengan volume bahan dalam keadaan normal. Sifat rehidrasi tiap komoditas berbeda karena waktu dan kapasitas penyerapan air partikel, porositas dan tingkat kadar air keseimbangan untuk tiap komoditas tidak sama.

Klorofil

Kandungan klorofil pada sayuran kering mengalami penurunan setelah dikeringkan. Pengeringan bawang putih, bayam, seledri, cabe merah dan jamur merang (Tabel 2). Perubahan yang terjadi pada seledri relatif kecil dibandingkan dengan yang lain. Sedangkan bayam sangat peka terhadap pemanasan sehingga terlihat penurunan yang cukup signifikan, walaupun secara visual relatif stabil.

Tabel 2. Hasil analisis mutu pada sayuran dalam keadaan segar dan kering

Sayuran Segar	Komponen Mutu			
	Klorofil (mg/g)	Vitamin C (mg/100g)	VRS (ppm)	Kadar Abu (%)
1 Seledri	15,00	14,47	89,02	1,63
2 Jamur	1,25	6,58	12,61	1,13
3 Cabe merah	3,92	72,18	114,29	1,09
4 Bayam	25,07	82,42	13,94	1,40
5 Bawang Putih	0,05	18,53	17,89	0,51

Sayuran Kering					
1	Seledri	11,14	3,5	55,83	1,61
2	Jamur	$1,52 \times 10^{-6}$	-	0,051 %	5,06
3	Cabe merah	-	51,3	62	1,1
4	Bayam	6,45	43	11,58	1,40
5	Bwg Putih	0,03	1,8	5,86	0,57

Hal ini terjadi seperti yang dinyatakan Schwartz & Lorenzo (1991) bahwa jumlah klorofil yang tertinggal selama pengolahan sayuran tergantung pada suhu dan lamanya pemanasan. Proses pengeringan dapat mempengaruhi kualitas bahan yang dikeringkan, seperti klorofil a dan b merupakan pigmen yang dominan terdapat pada sayuran hijau. Pigmen ini rentan terhadap perubahan fisik dan kimia selama pengolahan sayuran (Chen & Chen, 1993). Teng & Chen (1999) melakukan penelitian tentang pembentukan turunan klorofil pada bayam selama pemanasan. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa pemasakan dengan *microwave* menyebabkan pembentukan *pyrochlorophylls*, sementara itu pengukusan membentuk *pyropheophytins*. Pada pemblansingan bayam *pheophytins* dan epimer klorofil merupakan turunan klorofil yang dominan.

Vitamin C

Kandungan vitamin C pada sayuran kering dipengaruhi oleh perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit. Dimana sifat dari pada vitamin C adalah mudah larut didalam air, sehingga kandungan vitamin C yang terdapat pada sayuran kering cukup rendah. Jamur merang kering diduga mengandung vitamin C yang rendah sehingga pada saat dianalisis tidak terdeteksi. Cabe merah kering mengandung vitamin C yang masih relatif tinggi yaitu sekitar 70% dari keadaan segarnya, demikian juga bayam kering sekitar 50%. Hal ini sesuai dengan pendapat Heddy *et al* dalam Histifarina (1998) bahwa vitamin C mudah larut didalam air sehingga mudah hilang selama proses pengolahan dan mudah rusak karena okasidasi suhu tinggi.

Volatile Reducing Substance (VRS)

Proses pengeringan dapat mempengaruhi kualitas bahan yang dikeringkan, seperti perubahan penampakan dan perbedaan aroma yang disebabkan oleh kehilangan volatil atau pembentukan volatil baru sebagai akibat dari reaksi oksidasi ataupun reaksi esterifikasi (Diaz-Maroto *et al.*, 2002)

Hasil pengeringan dengan FIR pada suhu 60°C, telah menurunkan kadar VRS. Kadar VRS seledri kering dan bayam kering tidak terjadi penurunan yang signifikan dibandingkan dengan bawang putih, jamur merang dan cabai merah yang penurunannya mencapai lebih dari 50%. Walaupun terdapat penurunan, tingkat kehilangannya masih menunjukkan aroma representatif secara visual (Tabel 2). Hal ini diduga lama pengeringan mempengaruhi kadar VRS pada sayuran kering tersebut. Selain itu perendaman dalam larutan natrium bisulfit juga diduga ikut berperan dalam penurunan kadar VRS.

Warna

Tingkat kecerahan (L) pada bayam dan seledri kering mengalami kenaikan terhadap bahan segarnya, yaitu untuk bayam dari 41,80 menjadi 43,87 dan seledri dari 38,71 menjadi 42,99 (Tabel 3). Hal ini diduga proses pengeringan menyebabkan terjadinya degradasi senyawa klorofil, pergeseran pigmen warna hijau pada bayam dan seledri tersebut memberikan resultante/akumulasi penampilan warna pudar sehingga pada *chromameter* terukur sebagai warna yang lebih terang/cerah (L). Hal ini karena terjadinya degradasi zat hijau daun (klorofil) pada bayam dan terbentuknya turunan-turunan klorofil (Von Elbec *et al.*, 1986). Demikian pula halnya dengan nilai a negatif dan nilai b positif yang lebih kecil dari bayam segar menunjukkan bahwa memang terjadi degradasi warna hijau pada bayam yang dikeringkan. Warna juga merupakan komponen penting dalam menentukan mutu sayuran kering, warna kecokelatan pada jamur merang dan bawang putih kering memberikan indikasi selain terjadinya *browning*, proses pengeringan akan menghasilkan perubahan *pigment* putih menjadi lebih pudar kearah kuning nilai b yang semakin besar, tetapi a yang semakin rendah. Khusus untuk cabe merah walaupun terdapat perubahan, secara visual masih terlihat cerah dan tidak terjadi perubahan yang signifikan.

Tabel 3. Perubahan warna pada sayuran segar dan kering

No.	Komoditas	Warna							
		Segar		Kering		Segar		Kering	
		L	L	a	a	b	b		
1	Bawang Putih	71,04	63,89	-1,75	-6,90	26,41	32,45		
2	Bayam	41,80	43,87	-7,49	-6,68	31,58	28,57		
3	Jamur Merang	82,87	50,49	58,67	6,77	24,3	32,57		
4	Seledri	38,71	42,99	-5,05	-5,01	18,54	24,11		
5	Cabai Merah	29,46	25,59	23,67	16,55	19,43	27,9		

Efek Penyimpanan Sayuran Kering Terhadap Mutu

Warna

Setelah penyimpanan 4 minggu, nilai L seledri kering cenderung meningkat pada semua perlakuan kecuali pada seledri kering yang dikemas dengan aluminium foil dan disimpan di suhu ruang. Setelah disimpan selama 8 minggu, nilai L seledri kering menurun. Perubahan kecerahan pada seledri kering ditunjukkan pula oleh meningkatnya nilai a- pada penyimpanan 8 minggu pada semua perlakuan. Meningkatnya nilai a- menunjukkan bahwa seledri kering semakin hijau. Hal ini tidak dapat diartikan sebagai peningkatan kadar klorofil, kemungkinannya adalah adanya proses oksidasi atau reaksi non enzimatis pada komponen zat warna pada seledri kering yang menyebabkan warna seledri kering menjadi lebih gelap.

Nilai L (kecerahan) pada bayam segar adalah 41,86. Nilai ini ternyata lebih kecil dari pada nilai L bayam kering sebelum penyimpanan, yaitu 43,87. Proses pengeringan kemungkinan besar menyebabkan terjadinya degradasi senyawa klorofil, sehingga warna hijau bayam berkurang

Tabel 5. Hasil pengukuran nilai L (kecerahan) pada sayuran kering setelah penyimpanan 4 minggu (A) dan 8 minggu (B)

Waktu	AC			Ruang		
	Al. foil	PE 0,1 cm	PE 0,3 cm	Al. foil	PE 0,1 cm	PE 0,3 cm
Cabe Merah						
A	35,54	27,66	32,88	-	-	-
B	28,22	26,79	25,10	28,59	30,06	30,40
Jamur Merang						
A	60,65	51,87	54,06	58,49	53,98	55,54
B	50,35	48,94	51,85	49,32	49,43	55,90
Seledri						
A	43,04	46,17	48,17	41,86	44,63	45,94
B	34,61	39,88	35,39	37,96	38,58	39,64
Bawang Putih						
A	67,60	66,37	68,51	69,22	68,09	70,39
B	69,61	62,13	69,47	69,21	70,61	62,55
Bayam						
A	48,32	49,39	48,49	50,18	48,33	48,56
B	45,16	44,25	45,28	48,62	48,70	47,84

Dari Tabel 5 hasil pengukuran nilai L bayam kering setelah penyimpanan 4 dan 8 minggu pada kondisi ruang dingin dan suhu ruang secara keseluruhan tampak bahwa nilai L bayam kering mengalami peningkatan setelah disimpan 4 minggu, tetapi kemudian cenderung menurun setelah disimpan 8 minggu. Kerusakan yang sering terjadi pada produk kering selama penyimpanan adalah kerusakan warna atau diskolorisasi. Perubahan warna tersebut kemungkinan terjadi karena adanya pencokelatan non enzimatis dan proses oksidasi (Saravagos, 1993). Selain itu, terjadinya transfer uap air dan migrasi komponen bahan kemasan turut mempengaruhi warna bayam kering selama penyimpanan.

Nilai L pada jamur kering cenderung meningkat setelah disimpan selama 4 minggu, tetapi kemudian menurun setelah penyimpanan 8 minggu. Pada suhu ruang dan jenis kemasan tidak menunjukkan kecenderungan tertentu, baik pada penyimpanan 4 minggu maupun pada penyimpanan 8 minggu. Tampaknya perlakuan suhu penyimpanan dan jenis kemasan tidak berpengaruh terhadap nilai kecerahan.

Tingkat warna kuning pada jamur kering setelah penyimpanan 8 minggu cenderung lebih tinggi daripada penyimpanan 4 minggu. Hal ini terjadi karena diduga proses non enzimatis ataupun oksidasi menyebabkan jamur kering setelah penyimpanan menjadi berwarna lebih cokelat dibandingkan sebelum penyimpanan.

Keccerahan cabe merah kering cenderung meningkat setelah disimpan selama 4 minggu, kemudian cenderung menurun setelah disimpan selama 8 minggu. Pada perlakuan penyimpanan dalam suhu dingin pada kemasan aluminium foil dan plastik terjadi penurunan warna merah, sedangkan pada perlakuan penyimpanan di suhu dingin dalam kemasan plastik PE 0,1 cm terjadi peningkatan warna merah. Sedangkan warna kuning pada cabe merah kering menurun setelah 8 minggu penyimpanan. Perubahan pada komponen zat warna cabe merah kering selama penyimpanan 8 minggu terlihat mungkin sulit dibedakan secara visual bila dibandingkan dengan cabe merah kering sebelum penyimpanan, tetapi hasil pengukuran dengan *chromameter* menunjukkan terjadinya penurunan tingkat kecerahan (L), warna merah dan kuning.

Volatile Reducing Substance (VRS)

Kadar VRS jamur kering yang disimpan di ruang AC cenderung meningkat setelah 8 minggu penyimpanan pada semua jenis kemasan. Hal ini berbeda dengan jamur kering yang disimpan di suhu kamar. Kadar VRS jamur kering pada semua jenis kemasan yang disimpan di suhu kamar menurun setelah disimpan selama 8 minggu. Kerusakan atau perubahan aroma, yang diukur dengan kadar VRS selama penyimpanan merupakan hal yang seringkali membatasi masa simpan produk kering.

Kadar VRS cabe merah kering setelah disimpan selama 8 minggu cenderung mengalami penurunan. Hasil analisis kadar VRS terhadap cabe merah kering yang disimpan pada kondisi suhu dingin dan suhu kamar, menunjukkan bahwa cabe merah kering yang disimpan di suhu dingin cenderung memiliki kadar VRS yang lebih tinggi daripada yang disimpan di suhu kamar. Dari data pada tabel tidak dapat disimpulkan jenis kemasan terbaik untuk mempertahankan mutu kadar VRS cabe merah kering selama penyimpanan. Pada masa penyimpanan 4 minggu, dengan kondisi penyimpanan suhu dingin, kadar VRS tertinggi terdapat pada cabe merah kering dalam kemasan plastik PE 0,1 mm. Sedangkan pada kondisi penyimpanan suhu kamar, kadar VRS tertinggi terkandung dalam cabe merah kering dalam kemasan plastik PE 0,3 mm. Setelah 8 minggu masa penyimpanan dengan kondisi ruang suhu dingin, cabe merah kering dalam kemasan aluminium foil memiliki kadar VRS tertinggi. Sementara itu, pada kondisi suhu kamar, kadar VRS tertinggi terkandung dalam cabe merah kering yang dikemas dalam plastik PE 0,1 mm.

Pada seledri kering, suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air dan nilai VRS tetapi berpengaruh nyata terhadap kadar abu, vitamin C dan jumlah klorofil seledri.

KESIMPULAN

Penurunan mutu berupa meningkatnya kadar air, menurunnya kadar abu, vitamin C, VRS dan klorofil, serta perubahan warna pada sayuran yang dikeringkan dengan pengering *Far Infrared* (FIR) terjadi selama penyimpanan. Suhu dingin cenderung dapat mempertahankan mutu sayuran kering lebih baik dari suhu ruang. Jenis kemasan aluminium foil relatif lebih baik untuk mengurangi penurunan mutu pada bahan daripada jenis kemasan lainnya.

Hasil tes karakteristik fisikokimia dari sayuran kering menunjukkan bahwa teknologi FIR dapat menurunkan kadar air dalam waktu singkat, akan tetapi dapat pula menurunkan komponen mutu seperti kadar klorofil, vitamin C, dan VRS.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1996. *Official Methods of Analysis*, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, chapter45, p.5-6.
- Chen, B.H dan Chen, Y.Y. 1993. Stability of chlorophylls and carotenoids in sweet potato leaves during microwave cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1315-1320.
- Diaz-Maroto, M.C., Perez-Coello, M.S and Cabezudo, M.D. 2002. Effect of drying method on the volatiles in bay leaf (*laurus nobilis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4520-4524.
- Masanetz, C., Guth, H and Grosch, W. 1998. Fishy and hay-like off flavours of dry spinach. *Z Lebensm Unters Forsch A*. 206 : 108-113.

- Asgar A., A.S. Komariah dan Nana S. Achyadi, 1998. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap mutu keripik kentang granola. *J. Hort.* 8(2):1122-1129.
- Diaz-Maroto, M.C., Perez-Coello, M.S and Cabezudo, M.D. 2002. Effect of drying method on the volatiles in bay leaf (*laurus nobilis L.*). *J. Agric. Food Chem* 50, 4520-4524.
- Histifariana D. dan D. Musaddad, 1998. Pengaruh cara pelayuan daun, pengeringan dan pemangkasan daun terhadap mutu dan daya simpan bawang merah. *J. Hort.* 8(1)1036-1047, 1998.
- Hashimoto, A, Igarashi, H., and Shimizu, N. 1992. Far-Infrared irradiation effect on pasteurization of bacteria on or within wet-solid medium. *J. Chem. Engring. Jap.* 25(6):666-671.
- Hartuti N. dan D. Histifarina, 1997. Pengaruh natrium metabisulfit dan lama perendaman terhadap tu tepung bawang merah. *J. Hort.* 7(1):583-589, 1997.
- Kashiwazaki, M, Kotaro Kubota, Tomihiko Ichikawa. 1995. Development of Far infra red drying system for paddy. *Proceedings of ARBIP 95, Kobe, Japan. 1995.*
- Masanetz, C., Guth, H and Grosch, W. 1998. Fishy and hay-like off flavours of dry spinach. *Z Lebensm Unters Forsch A.* 206 : 108-113.
- Samwal, A.D., Sharma, G.K dan Arya, S.S. 1995. Flavour degradation in dehydrated convenience foods : Changes in carbonyls in quick-cooking rice and Bengalgram dhal. *Food Chemistry* 57 (2). Elsevier, Great Britain.
- Saravagos, G.D. 1993. Technological development in fruit and vegetable dehydration in food flavours : ingredients and composition. Elsevier Publ., Great Britain.
- Schwartz, S.J dan Lorenzo, T.V. 1991. Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. *Journal of Food Science*, 56 1059-1062.
- Sinaga R.M. dan D. Histifarina. 2000. Peningkatan mutu bawang putih irisan kering dengan prosedur perendaman dalam larutan natrium bisulfit. *J. Hort.*(4):307-313, 2000.
- Teng, S.S dan Chen, B.H. 1999. Formation of pyrochlorophylls and their derivatives in spinach leaves during heating. *Food Chemistry* 65, 367-373.
- Von Elbe, J.H., Huang, A.S., Attoe, E.L., dan Nank, W.K. 1986. Pigment composition and color in conventional and veri-green canned beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 52-54.

DISKUSI

Pertanyaan :

1. Apakah ke depan, kapasitas alat dapat ditingkatkan lebih dari 3 kg?

Jawaban :

1. Karena rendemen sayuran rendah maka aplikasi FIR untuk sayuran dengan nilai tinggi ada kemungkinan untuk dikembangkan kapasitasnya menjadi lebih besar lagi.