

PENENTUAN KOMPOSISI ATMOSFIR UNTUK PENYIMPANAN BAWANG DAUN RAJANGAN

Sugiarto¹, Hadikaria Purwadaria² dan Illah Sailah¹

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian – IPB

²Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian – IPB

ABSTRACT

Shredded leek is highly perishable and needs appropriate storage condition for longer shelflife. One of the storage techniques is modified atmosphere combined with cold storage. At ambient temperature storage, shredded leek has only a 3 day shelflife. The research results indicated that storing shredded leek at lower temperature provided a longer shelflife : 10 days at 10 °C and 20 days at 5 °C. The respiration rate at early storage period is 197 ml O₂/kg.hr and 197 ml CO₂/kg.hr. The atmospheric composition 3-5% oxygen and 3-5% carbondioxide provided the best result of 14 days for the shelflife of shredded leek. During the modified atmosphere storage the shredded leek experienced 8% total weight loss, increasing their lightness from 33 to 33,5, increasing their a value (red-green color) from (-)9,84 to (-)4, but did not show significant sensory value changes.

Key words : *penyimpanan atmosfir termodifikasi, laju respirasi, terolah minimal*

PENDAHULUAN

Bawang daun (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*) merupakan salah satu jenis produk hortikultura yang banyak digunakan sebagai bumbu penyedap dalam berbagai olahan pangan. Seperti halnya produk hortikultura pada umumnya, bawang daun mudah rusak baik karena layu ataupun karena pembusukan. Kerusakan akan semakin cepat jika bawang daun dirajang (terolah minimal). Sementara itu pasar untuk produk sayuran terolah minimal termasuk bawang daun mulai terbentuk. Permintaan bawang daun rajangan datang dari restoran-restoran siap saji. Bawang daun rajangan tersebut digunakan sebagai bahan taburan pada menu bubur ayam dan sup.

Untuk mendapatkan bawang daun terolah minimal dengan umur simpan yang relatif panjang, perlu diperhatikan penanganan pasca panen yang baik. Salah satu teknik penanganan pasca panen adalah penyimpanan di dalam atmosfir yang dimodifikasi atau terkendali dan dikombinasikan dengan penyimpanan pada suhu rendah (Thompson, 1998; Garcia and Barrett, 2002; Jayas and Jeyamkondan, 2002). Penyimpanan dalam atmosfir termodifikasi atau terkendali pada suhu rendah diharapkan dapat menjaga kesegaran bawang daun lebih lama dengan tingkat susut bobot yang dapat diterima.

Tujuan penelitian ini adalah untuk

1. Menentukan laju respirasi bawang daun rajangan pada tiga tingkat suhu penyimpanan.
2. Menentukan komposisi atmosfir yang sesuai untuk penyimpanan bawang daun rajangan

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Dan Alat

Bahan yang digunakan adalah daun bawang segar berukuran diameter batang sekitar 0,75 cm yang diperoleh dari PT Pacet Segar, Cipanas, Cianjur. Bawang daun yang diperoleh diiris tipis (dirajang) dengan tebal sekitar 1 – 2 mm dengan irisan melintang. Sebelum dirajang, bawang daun disortir dan dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan air bersih mengalir dan terakhir direndam dalam larutan klorin 200 ppm selama 5 menit lalu drajang dan ditiriskan dengan sentrifugasi.

Peralatan yang diperlukan untuk penelitian ini diantaranya adalah Cosmotector tipe XP-314B untuk pengukuran konsentrasi gas karbondioksida, Cosmotector tipe XPO-318 untuk pengukuran konsentrasi gas oksigen, ruang penyimpanan dingin, Colortec PCM/PSM Color meter untuk pengukuran warna, neraca analitik.

Metode

Pengukuran Laju Respirasi

Pengukuran laju respirasi dilakukan dalam sistem tertutup pada bawang daun rajangan pada suhu penyimpanan 5 °C, 10 °C, dan suhu kamar. Pengukuran dilakukan dengan tiga kali ulangan. Laju respirasi diukur berdasarkan laju produksi CO₂ dan laju konsumsi O₂. Laju respirasi dihitung dengan persamaan Mannapperuma et.al. (1989) :

$$R = V/W * dx/dt$$

Dimana : R = laju respirasi (ml/kg.jam)
 V = volume bebas wadah (ml)
 W = bobot bahan (kg)
 dx/dt = laju perubahan konsentrasi CO₂ atau O₂ (%/jam)

Penentuan Konsentrasi O₂ dan CO₂

Penentuan konsentrasi O₂ dan CO₂ dilakukan pada suhu penyimpanan terpilih dengan komposisi udara yang dikendalikan. Perlakuan untuk penentuan konsentrasi udara optimum adalah (i) udara normal (21% O₂, 0,03% CO₂), (ii) CO₂ 3 – 5%, O₂ 1 – 3%, (iii) CO₂ 5 – 7%, O₂ 1 – 3 %, (iv) CO₂ 7 – 9%, O₂ 1 – 3%, (v) CO₂ 3 – 5%, O₂ 3 – 5%, (vi) CO₂ 5 – 7%, O₂ 3 – 5%, dan (vii) CO₂ 7 – 9%, O₂ 3 – 5%.

Pengendalian komposisi udara dilakukan setiap hari dengan memasukkan gas CO₂, O₂, dan N₂ sampai konsentrasi yang dikehendaki.

Pengamatan untuk menentukan konsentrasi oksigen dan karbondioksida untuk penyimpanan bawang daun rajangan adalah :

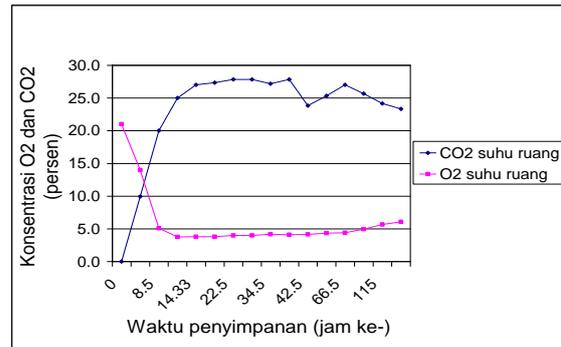
- warna (Colortec PCM/PSM Color meter)
- susut bobot (penimbangan)
- organoleptik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Respirasi

Pada penyimpanan secara tertutup pada suhu kamar, konsentrasi oksigen mengalami penurunan dari konsentrasi pada udara normal (sekitar 21 %) menjadi sekitar 5 %, sementara konsentrasi karbondioksida mengalami peningkatan dari sekitar 0 % menjadi sekitar 25 %. Perubahan tersebut terjadi secara linier pada sekitar 12 jam pertama masa penyimpanan setelah itu konsentrasi udara di dalam jar gelas relatif tetap. Grafik perubahan konsentrasi udara di dalam jar gelas selama penyimpanan pada suhu kamar disajikan pada Gambar 1.

Perubahan konsentrasi oksigen adalah 2 %/jam sedang perubahan konsentrasi karbondioksida adalah 3 %/jam. Dengan volume bebas wadah 2900 ml, maka pada periode tersebut laju respirasi bawang daun rajangan adalah 232 ml O₂/kg.jam (laju konsumsi oksigen) atau 348 ml CO₂/kg.jam (laju produksi karbondioksida). Berdasarkan laju konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida, maka pada awal penyimpanan pada suhu kamar nilai RQ-nya adalah sekitar 1,5. Nilai RQ sekitar 1.5 menunjukkan bahwa substrat untuk respirasi bukan hanya karbohidrat tetapi juga asam-asam organik yang terdapat pada bawang daun (Phan *et al.*, 1975).



Gambar 1. Grafik perubahan konsentrasi udara di dalam jar gelas berisi bawang daun rajangan pada penyimpanan suhu kamar

Setelah jam ke 12 konsentrasi oksigen dan karbondioksida relatif stabil pada kisaran nilai yang relatif tetap (sekitar 25% CO₂ dan 5% O₂). Pada keadaan ini laju respirasi bawang daun rajangan sangat rendah atau mendekati nol. Jika hal ini terjadi maka kemungkinannya bawang daun rajangan mengalami proses fermentasi untuk mendapatkan energi bagi kehidupannya. Proses fermentasi akan mendegradasi pati atau gula dan menghasilkan senyawa etanol atau asam asetat yang pada konsentrasi tertentu bersifat racun bagi daun bawang sehingga kerusakan akan lebih cepat terjadi (Phan *et al.*, 1975).

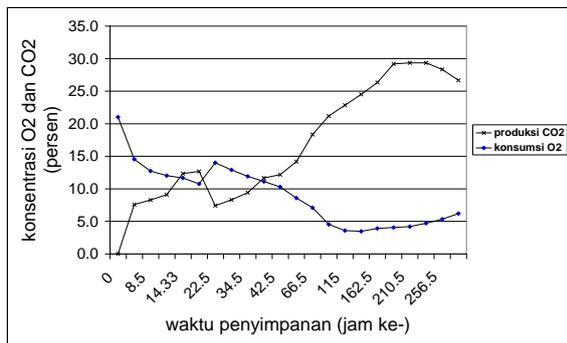
Bawang daun rajangan yang disimpan pada suhu kamar diamati selama 5 hari sampai warna bawang daun rajangan menjadi hijau pucat dan timbul bau seperti hasil fermentasi (bau etanol dan asam). Pada penyimpanan secara tertutup pada suhu kamar, sebenarnya bawang daun rajangan sudah mulai tampak mengalami penurunan mutu yang nyata setelah hari ketiga. Penurunan mutu tersebut terlihat pada warna bawang daun rajangan yang menjadi pucat.

Pada penyimpanan pada suhu 10 °C, pada 14 jam pertama terjadi peningkatan konsentrasi karbondioksida dari 0 % menjadi sekitar 12 % dan penurunan oksigen dari 21 % menjadi sekitar 12 %. Dengan demikian perubahan konsentrasi oksigen adalah 0,64 %/jam sedang perubahan konsentrasi karbondioksida adalah 0,85 %/jam. Pada periode tersebut laju respirasi bawang daun rajangan adalah 74,24 ml O₂/kg.jam atau 98,60 ml CO₂/kg.jam dengan nilai RQ 1,33.

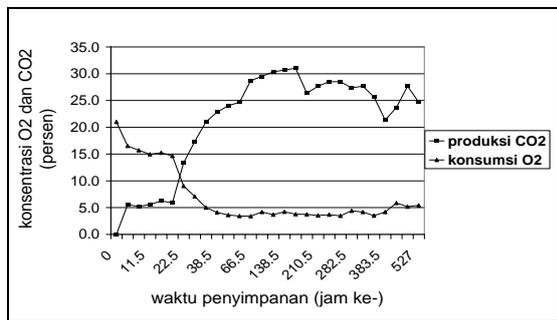
Perubahan warna mulai terlihat secara visual pada hari ke 7 pada penyimpanan suhu 10 °C. Perubahan itu masih dapat diterima karena belum terlalu jauh dari warna asalnya. Pada hari ke 10 mulai tercium bau etanol dan asam.

Penyimpanan bawang daun rajangan pada suhu 5 °C memberikan fenomena perubahan konsentrasi gas yang lain lagi. Pada 3 jam awal terjadi perubahan konsentrasi gas yang cukup drastis, yaitu

konsentrasi oksigen berubah dari 21 % menjadi sekitar 16 %, sementara konsentrasi karbondioksida berubah dari 0 % menjadi sekitar 5 %.



Gambar 2. Grafik perubahan konsentrasi udara di dalam jar gelas berisi bawang daun rajangan pada penyimpanan suhu 10 °C



Gambar 3. Grafik perubahan konsentrasi udara di dalam jar gelas berisi bawang daun rajangan pada penyimpanan suhu 5 °C

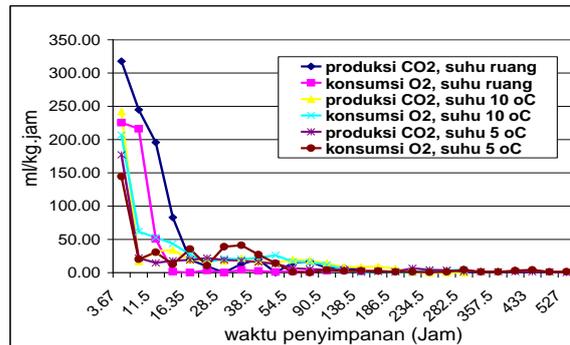
Pada 3 jam pertama, laju perubahan konsentrasi gas di dalam wadah penyimpanan adalah sekitar 1,7 %/jam. Laju respirasinya adalah sekitar 197 ml/kg.jam baik untuk konsumsi oksigen maupun produksi karbondioksida dengan nilai RQ 1. Hal ini menunjukkan bahwa substrat untuk respirasi bawang daun rajangan adalah pati atau gula yang terdapat dalam bawang daun rajangan.

Setelah jam ke 3 sampai jam ke 20, konsentrasi gas di dalam wadah penyimpanan relatif tetap yaitu sekitar 15 – 16 % untuk oksigen dan sekitar 5 % untuk karbondioksida. Selama periode ini terjadi respirasi yang sangat rendah dengan nilai RQ sekitar 1.

Perubahan warna mulai nampak setelah bawang daun rajangan disimpan selama 14 hari. Perubahan warna terjadi secara perlahan-lahan dari warna hijau segar menjadi hijau agak pucat. Sementara penurunan intensitas aroma bawang daun terjadi secara berangsur. Pada hari ke 20 mulai tercium bau

etanol dan bau asam sementara bau khas bawang daun segar sudah tidak tercium.

Perubahan laju respirasi bawang daun yang disimpan pada suhu penyimpanan 5 °C, 10 °C, dan suhu kamar ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perubahan laju respirasi bawang daun rajangan selama penyimpanan

Grafik perubahan laju respirasi (Gambar 4.) menunjukkan bahwa bawang daun rajangan yang disimpan pada suhu kamar memiliki laju respirasi yang tertinggi kemudian pada suhu penyimpanan 10 °C dan terendah pada bawang daun rajangan yang disimpan pada suhu 5 °C. Namun perbedaan laju respirasi ini tidak terlalu besar seperti yang dinyatakan oleh Phan et al. (1975) bahwa laju respirasi sayuran dan bebuahan pada selang suhu 0 sampai 35 °C meningkat 2 – 2.5 kali akibat kenaikan suhu 7,8 °C. Penyebab tidak cukup besarnya perbedaan laju respirasi ini adalah banyaknya jaringan yang terbuka (luka mekanis) akibat perajangan sehingga pengaruhnya lebih dominan daripada pengaruh suhu penyimpanan.

Berdasarkan pola respirasinya, maka penyimpanan pada suhu 5 °C memiliki laju respirasi terendah dan kemungkinan akan memberikan umur simpan yang lebih panjang pula. Dengan demikian suhu 5 °C dipilih sebagai suhu penyimpanan pada penelitian selanjutnya (penentuan kondisi atmosfer optimum).

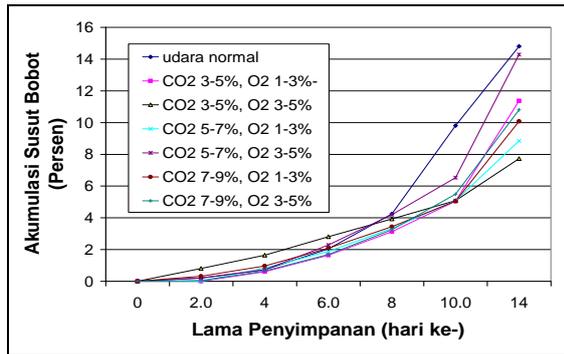
Penentuan Komposisi Udara untuk Penyimpanan

Pada tahap ini digunakan tiga parameter sebagai penentu komposisi udara optimum, yaitu susut bobot, perubahan warna hijau-merah (a), warna kuning-biru (b), dan kecerahan (L) dan uji sensori (organoleptik).

Pengaruh Konsentrasi O₂ dan CO₂ Terhadap Susut Bobot Bawang daun rajangan

Susut bobot bawang daun rajangan yang disimpan pada suhu 5 °C dilakukan dua kali seminggu.

Grafik susut bobot total selama penyimpanan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Akumulasi susut bobot bawang daun rajangan selama 14 hari penyimpanan pada suhu 5 °C

Penurunan bobot terjadi karena rajangan daun bawang masih hidup saat disimpan. Selama kehidupannya berjalan, maka daun bawang masih melakukan metabolisme termasuk respirasi. Saat respirasi terjadi reaksi kimia enzimatis yang merombak, pati, gula, lemak, protein, asam-asam organik dan senyawa kompleks lainnya menjadi energi dengan hasil samping senyawa sederhana, yaitu air dan karbondioksida. Karena air dan karbondioksida dilepas dalam bentuk uap dan gas yang lepas ke udara maka terjadi penurunan bobot rajangan daun bawang yang disimpan.

Susut bobot bawang daun rajangan tidak terjadi dengan laju yang sama setiap selang waktu yang sama. Pada masa awal penyimpanan susut bobot terjadi secara relatif lambat, yaitu rata-rata dibawah 2 % per tiga atau empat hari atau sekitar 1 % per hari kecuali bawang daun rajangan yang disimpan pada komposisi gas CO₂ 3 – 5 % dan O₂ 1 – 3%; CO₂ 5 – 7 % dan O₂ 3 – 5%; dan udara normal. Setelah hari kesepuluh semua kondisi penyimpanan menyebabkan susut bobot yang relatif tinggi, yaitu di atas 5 %.

Dari grafik Gambar 5. tampak bahwa penyimpanan dengan konsentrasi CO₂ 3 – 5 % dan O₂ 3 – 5 % memberikan susut bobot total terendah, yaitu 7,76 %, kemudian diikuti berturut turut dengan penyimpanan pada konsentrasi CO₂ 5 – 7 % dan O₂ 1 – 3 % (susut bobot 8,84 %), CO₂ 7 – 9 % dan O₂ 1 – 3 % (susut bobot 10,08 %) CO₂ 7 – 9 % dan O₂ 3 – 5 % (susut bobot 10,80 %), CO₂ 3 – 5 % dan O₂ 1 – 3 % (susut bobot 11,4 %), CO₂ 5 – 7 % dan O₂ 3 – 5 % (susut bobot 14,28 %), dan terakhir udara normal (susut bobot 14,80 %).

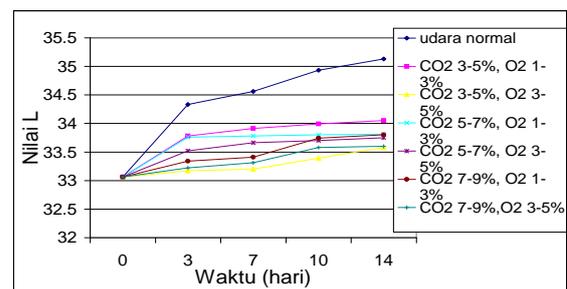
Pengaruh Konsentrasi O₂ dan CO₂ Terhadap Perubahan Warna Bawang daun rajangan

Warna rajangan yang diukur pada tahap penelitian ini adalah tingkat kecerahan (nilai *lightness* =

L), warna kromatik merah-hijau (nilai *a*), dan warna kromatik kuning-biru (nilai *b*). Nilai L adalah antara 0 dan 100, nilai 0 menunjukkan kecerahan terendah (hitam dan nilai 100 menunjukkan kecerahan tertinggi (putih), sementara nilai *a* negatif menunjukkan kecenderungan warna hijau, nilai *a* positif menunjukkan kecenderungan warna merah, nilai *b* positif menunjukkan kecenderungan warna kuning, dan nilai *b* negatif menunjukkan kecenderungan warna biru.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan nilai L pada semua kondisi penyimpanan. Peningkatan nilai L tertinggi terjadi pada bawang daun rajangan yang disimpan pada udara normal, sementara peningkatan nilai L terendah terjadi pada penyimpanan pada konsentrasi karbondioksida 3- 5 % dan oksigen 3 – 5 %. Perubahan nilai L disajikan pada grafik Gambar 8. Perubahan nilai L ke arah nilai positif lebih besar menunjukkan perubahan warna bawang daun rajangan menjadi lebih pucat.

Perubahan nilai kecerahan dapat disebabkan beberapa hal, diantaranya adalah terjadinya penurunan komponen warna pada daun bawang, dalam hal ini adalah klorofil yang berubah menjadi senyawa lain yang tak berwarna (Matto, et.al., 1975). Penyebab lain naiknya nilai L adalah timbulnya warna keputihan (*white bloom*) pada luka bekas irisan. Luka bekas irisan ini kemudian mengering dan meninggalkan lapisan berwarna keputihan (Garcia and Barrett, 2002). Penyebab lain adalah terbentuknya lapisan air pada permukaan bawang daun rajangan yang memantulkan cahaya sehingga nampak lebih pucat. Lapisan air terbentuk sebagai hasil proses respirasi yang terjadi.

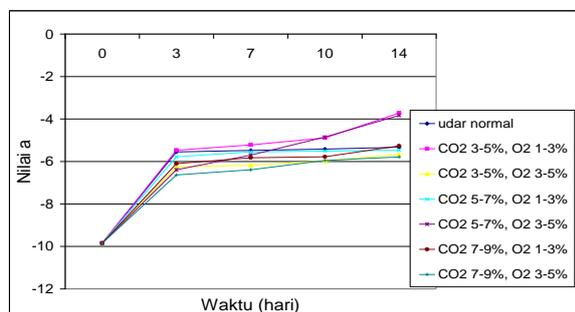


Gambar 6. Perubahan kecerahan bawang daun rajangan selama penyimpanan

Setelah penyimpanan selama 14 hari, bawang daun rajangan yang disimpan pada udara dengan komposisi karbondioksida 3 – 5 % dan oksigen 3 – 5 % masih terlihat mendekati warna daun segarnya. Bawang daun rajangan yang disimpan pada kondisi udara normal sudah berubah menjadi sangat pucat pada hari ketiga penyimpanan.

Warna kromatik merah-hijau yang terukur memiliki pola perubahan yang hampir sama pada semua perlakuan kondisi atmosfer. Pada tiga hari

pertama penyimpanan terjadi peningkatan nilai a yang tajam, yaitu dari (-)9,85 menjadi sekitar (-)6, kemudian meningkat secara perlahan sampai akhir penyimpanan menjadi sekitar (-)6 sampai (-)4. Perubahan warna kromatik merah-hijau terjadi dari warna bawang daun yang cenderung hijau berubah ke arah cenderung merah.



Gambar 7. Perubahan nilai a (warna merah-hijau) bawang daun rajangan selama penyimpanan

Dari berbagai kombinasi konsentrasi gas yang dicobakan, kombinasi konsentrasi karbondioksida 3 – 5 % dan oksigen 1 – 3 %, dan konsentrasi karbondioksida 5 – 7 % dan oksigen 3 – 5 % menyebabkan perubahan nilai a yang tinggi (dari (-)0,98 menjadi sekitar (-)4), sementara kombinasi konsentrasi gas lainnya menyebabkan perubahan yang relatif lebih rendah (dari (-)9,98 menjadi sekitar (-)5 sampai (-)6). Perubahan ini menunjukkan turunnya intensitas warna hijau dari bawang daun rajangan tetapi tidak sampai menjadi warna kemerahan. Hal ini disebabkan berkurangnya komponen warna hijau (klorofil) pada daun selama penyimpanan. Sementara perubahan nilai warna kromatik kuning-biru memberikan pola naik-turun yang tidak beraturan dengan kisaran nilai yang relatif sama dengan nilai awal.

Berdasarkan perubahan warna yang terjadi, baik perubahan nilai L, a, dan b, kondisi atmosfer termodifikasi yang dipilih adalah kondisi atmosfer dengan konsentrasi karbondioksida 3 – 5 % dan oksigen 3 – 5 %.

Pengaruh Konsentrasi O₂ dan CO₂ Terhadap Karakter Sensoris bawang daun rajangan

Pengujian karakter sensoris subyektif yang dilakukan dengan panelis agak terlatih tidak memberikan hasil yang memuaskan. Hal ini terjadi karena panelis yang berpartisipasi pada umumnya tidak menyukai rasa dan aroma bawang daun. Hal ini ditunjukkan dengan rendahnya nilai penilaian bawang daun rajangan yang belum disimpan, baik penilaian langsung bawang daun rajangan maupun bawang daun yang ditabur di atas bubur. Karena alasan itu maka untuk selanjutnya dilakukan penilaian sensoris

obyektif, penilaian sensoris oleh peneliti sesuai dengan tujuan penelitian.

Dari penilaian sensoris obyektif, nampak bahwa penyimpanan bawang daun rajangan pada suhu 5 °C dengan komposisi udara oksigen 3-5 % dan karbondioksida 3-5 % memberikan nilai sensoris yang lebih baik daripada penyimpanan pada komposisi udara yang lain. Pada penyimpanan dengan komposisi oksigen 3-5 % dan karbondioksida 3-5 % bawang daun rajangan yang telah disimpan 14 hari masih memiliki warna yang relatif normal (perubahannya kecil), tidak basah dan masih saling lepas, aroma dan rasa khas bawang daun masih tercium.

Bawang daun rajangan yang disimpan pada udara normal sudah berubah menjadi pucat, dan menggumpal pada hari ketiga penyimpanan, selanjutnya pada hari ketujuh sudah tercium bau etanol dan asam. Pada kondisi penyimpanan lainnya penggumpalan mulai terjadi setelah 10 hari penyimpanan, sementara bau dan rasa etanol dan asam terasa setelah penyimpanan 14 hari.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Laju respirasi bawang daun rajangan yang disimpan pada suhu rendah lebih rendah dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu lebih tinggi. Laju respirasi pada periode awal penyimpanan adalah 232 ml O₂/kg.jam dan 348 ml CO₂/kg.jam (suhu kamar), 74,24 ml O₂/kg.jam dan 98,60 ml CO₂/kg.jam (suhu 10 °C), dan 197 ml O₂/kg.jam dan 197 ml CO₂/kg.jam (suhu 5 °C).

Susut bobot selama penyimpanan yang terendah adalah pada penyimpanan dengan oksigen 3-5 % dan karbondioksida 3-5 %, yaitu susut 7,76 % setelah penyimpanan selama 14 hari. Susut bobot terbesar terjadi pada penyimpanan pada udara normal, yaitu 14,80 %.

Perubahan kecerahan (nilai L) terendah terjadi pada bawang daun rajangan yang disimpan oksigen 3-5 % dan karbondioksida 3-5 %, yaitu sekitar dari 33 menjadi sekitar 33,5. Perubahan kecerahan terbesar terjadi pada penyimpanan pada udara normal yaitu menjadi sekitar 35. perubahan warna hijau terendah dicapai pada konsentrasi karbondioksida 7-9 %, oksigen 3-5 % dan karbondioksida dan oksigen 3-5 %, yaitu dari (-) 9,84 menjadi sekitar (-) 5.

Penyimpanan pada konsentrasi karbondioksida dan oksigen 3-5 % menyebabkan perubahan nilai yang masih dapat diterima setelah 14 hari penyimpanan. Kondisi penyimpanan lain menyebabkan terjadinya penggumpalan bawang daun rajangan, perubahan warna menjadi pucat, timbulnya bau dan rasa etanol dan asam.

Komposisi udara terbaik untuk penyimpanan rajangan bawang adalah udara dengan konsentrasi oksigen 3-5 % dan karbondioksida 3-5 %. Penetapan didasarkan pada susut bobot, perubahan warna dan perubahan nilai sensoris selama penyimpanan.

Saran

1. Penyimpanan bawang daun rajangan hendaknya disimpan pada udara dengan konsentrasi karbondioksida dan oksigen 3-5 %.
2. Dilakukan penelitian lanjutan untuk pemilihan film kemasan pada daerah atmosfer termodifikasi karbondioksida dan oksigen 3-5 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Garcia, E. and D.M. Barrett, O. 2002. Preservative treatment for fresh-cut fruit and vegetables. *in*. O. Lamikanra. Ed. Fresh-Cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market. CRC Press. New York, NY, USA.
- Jayas, D.S. and S. Jeyamkondan. 2002. Modified atmosphere storage of grain, meats, fruits, and vegetables. *Biosystem Engineering* 82 (3), p 235-251
- Mannapperuma, J.D. and R.P. Singh. 1990. Modelling of gas exchange in polymeric package of fresh fruits and vegetables. Paper ASAE Winter Meeting Chicago, IL, USA.
- Matto, A.K., T. Murata, Er.B. Pantastico, K. Chachin, K. Ogata and C.T. Phan. 1975. Chemical changes during ripening and Senescence. *in*. Er.B. Pantastico. Ed. Post-harvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. Phoenix Press, Quezon City, Philippines.
- Phan, C.T., Er.B. Pantastico, K. Ogata, and K. Chachin. 1975. Respiration and respiratory climacteric. *in*. Er.B. Pantastico. Ed. Post-harvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. Phoenix Press, Quezon City, Philippines.
- Thompson, A.K. 1998. Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. CAB International. London, UK.