

PENAMBAHAN ASAM ASETAT DAN FUMARAT UNTUK MEMPERTAHANKAN KUALITAS PIKEL UBI JALAR KUNING PASCA FERMENTASI

Addition of Acetic and Fumaric Acid to Maintain Quality of Fermented Yellow Sweet Potatoes Pickle

Neti Yuliana¹, Siti Nurdjanah¹, Maya Sari²

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

²Magister Teknologi Agroindustri, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
Email: yuliana_thp@unila.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan kemampuan asam fumarat, asam asetat dan kombinasinya sebagai pengawet untuk mempertahankan kualitas pikel ubi jalar kuning pasca fermentasi yang disimpan pada suhu ruang selama 6 minggu; dan juga membandingkannya dengan pengawet asam benzoat. Perlakuan terdiri dari konsentrasi asam asetat 1; 1,5 dan 2%; konsentrasi asam fumarat 0,1; 0,15 dan 0,2%, dan kombinasi keduanya. Perlakuan dengan asam benzoat dan tanpa pengawet juga disiapkan sebagai kontrol. Perlakuan terbaik diperoleh dari kombinasi asam asetat 1% dan fumarat 0,2%, dengan karakteristik kualitas sebagai berikut: total kapang, khamir, bakteri bukan asam laktat, dan bakteri asam laktat masing masing <30 koloni/ml, total asam 1,35%, pH 3,18 dan total padatan terlarut 2,07° brix, warna orange pucat, beraroma asam dengan tingkat penerimaan panelis 87%. Berdasarkan penerimaan sensoris, perlakuan asam fumarat lebih baik daripada asam asetat ataupun kombinasi asam asetat-fumarat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam asetat, fumarat dan kombinasi keduanya dapat mempertahankan kualitas pikel ubi jalar kuning yang berpotensi menjadi alternatif pengganti pengawet benzoat.

Kata Kunci: Pikel ubi jalar kuning, asetat, fumarat, natrium benzoat

ABSTRACT

The objective of this investigation was to determine the ability of fumaric acid, acetic acid and their combinations, as organic acid preservatives to maintain the quality of fermented sweet potatoes pickle during 6 weeks of storage at room temperature, as well as to compare with sodium benzoate. Acetic acid (1, 1.5 and 2%), fumaric acid (0.1, 0.15 and 0.2%), and their combinations, were used as treatments in this investigation. As controls, sodium benzoate and without preservatives additions were also conducted. The best treatment for maintaining the quality of fermented yellow sweet potatoes pickle was combination of acetic acid 1% and fumaric acid 0.2%, which has a total mold, yeast, non lactic acid bacteria and lactic acid bacteria, each <30 colonies/ml, total acid 1.34%, pH 3.18 and the total soluble solids 2.07° brix. The pickle was described as somewhat pale orange color and acidic aroma with the acceptance rates 87%. In term of sensory acceptability, however, fumaric acids treatment was better than either single acetic acid or combination of acetic-fumaric acids. The results indicated that acetic, fumaric acid and their combination treatments were able to keep the sweet potatoes pickle quality, therefore, these preservative could serve as an alternative substitution for the use of sodium benzoate.

Keywords: Yellow sweet potato pickle, acetic acid, fumaric acid, sodium benzoate

PENDAHULUAN

Industri pengolahan piksel pada umumnya melakukan fermentasi dalam jumlah yang besar (*bulk fermentation*). Oleh karena itu setelah proses fermentasi selesai, piksel perlu dikemas ulang (*repacking*) baik untuk kemudahan sistem pemasaran maupun kenyamanan konsumen. Sebagaimana piksel buah dan sayuran lainnya, piksel ubi jalar kuning pasca fermentasi yang akan dikemas ulang (*repacking*), berpeluang mengalami kontaminasi oleh mikroba perusak sehingga penanganan pasca fermentasi piksel ubi jalar kuning sangat penting. Kerusakan piksel dapat disebabkan oleh kapang, khamir atau bakteri sehingga piksel tidak dapat disimpan dalam jangka waktu tertentu. Tahapan yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kualitas piksel pasca fermentasi adalah mencegah terjadinya kerusakan dan meningkatkan keamanan mikrobiawinya antara lain dengan menggunakan bahan pengawet. Natrium benzoat, asam sorbat, asam fumarat dan asam asetat dengan konsentrasi beragam, merupakan pengawet yang biasa digunakan pada piksel lobak, ketimun dan jahe (Joshi dan Sharma, 2009; Pérez-Díaz dan McFeeters, 2008; Pérez-Díaz dan McFeeters, 2010; Pérez-Díaz, 2011; Rahasti, 2008). Bahan pengawet yang pernah diteliti untuk piksel ubi jalar kuning adalah kalium metabisulfat 0,01% (Panda dkk., 2007), namun informasi yang disajikan sangat terbatas. Selain itu, penggunaan sulfat dilaporkan menjadi penyebab hipersensitifitas penderita asma (Bush dkk., 1986; Muchtadi, 1989), sehingga penggunaan sulfat sebagai pengawet pangan perlu dihindari. Pada penelitian ini digunakan asam asetat, asam fumarat dan kombinasinya sebagai pengawet piksel ubi jalar kuning.

Pengawet asam asetat dan fumarat memiliki kemampuan sebagai antimikroba karena memiliki bagian yang tidak terdisosiasi yang dapat masuk ke dalam sel mikroba (Doesburg, 2006), dan memiliki sifat lipofilik yang memudahkan menembus membran sel yang sebagian besar terdiri atas fosfolipid dan lemak (Ray, 2004). Di dalam sel, bagian yang tidak terdisosiasi tersebut akan terdisosiasi dan meningkatkan konsentrasi ion H^+ dan menyebabkan turunnya pH internal, sehingga berdampak mengganggu aktivitas biologis sel. Asam fumarat merupakan produk antara siklus Krebs, dan dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan khamir pada piksel ketimun (Pérez-Díaz dan McFeeters, 2010; Pérez-Díaz, 2011), kapang pada roti (Abu-Ghoush dkk., 2008), *Escherichia coli* 0157:H7 pada *cider* apel (Comes dan Beelman, 2002; Chikthimmah dkk., 2003) dan mikroflora pada piksel yang disimpan pada keadaan dingin (Lu dkk., 2011) serta pada selada potong segar (Kondo dkk., 2006). Asam asetat yang dikombinasi sodium benzoat pada pH 3,6 atau kurang, dilaporkan dapat mencegah pertumbuhan mikroba pada ketimun yang diawetkan dalam larutan garam (Pérez-Díaz dan McFeeters, 2008).

Asam asetat merupakan pengawet yang aktif menghambat pertumbuhan kapang, dan juga bakteri patogen yang berasosiasi dengan pangan seperti produk roti (*bakery*) dan piksel (Pundir dan Jain, 2010; Pundir dan Jain, 2011). Studi lain menyatakan bahwa asam asetat efektif menghambat khamir pembentuk film dan kapang dibandingkan bakteri (Lee, 2004). Oleh karena itu, secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan asam asetat, asam fumarat dan kombinasinya dalam mempertahankan mutu piksel pasca fermentasi piksel ubi jalar kuning dibandingkan dengan penggunaan natrium benzoat sebagai kontrol positif dan tanpa penambahan bahan pengawet sebagai kontrol negatif. Na-benzoate dijadikan kontrol karena pengawet ini banyak digunakan di berbagai produk komersial dan kini perlu dihindari karena mempunyai efek kurang baik bagi kesehatan seperti memperburuk asma, alergi rhinitis dan urticaria kronis (Abdulmumeen dkk., 2012).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah ubi jalar kuning berumur panen 4 bulan dengan diameter 10-15 cm yang diperoleh dari Gisting, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung, *Lactobacillus plantarum* FNCC 0123 dan *Leuconostoc mesenteroides* FNCC 0023 yang diperoleh dari Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, Bahan kimia seperti garam, asam fumarat, asam asetat, natrium benzoat, NaOH, MRS agar, Potatoes Dextrose Agar, $CaCO_3$, kloramfenikol, dan alkohol 70%, diperoleh dari Laboratorium Kimia-Biokimia Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Alat yang digunakan meliputi neraca analitis 4 digit (Shimodzu AU720), mikropipet, sentrifius (Thermo Electron Corporation, Model IEC Centra CL2), *hotplate*, pH meter (Hanna Instrumen), inkubator (Heraeus), Abbe hand-refraktometer, vorteks, dan outoklaf (Wise Clave TM Daihan Scientific).

Rancangan Percobaan

Percobaan disusun secara faktorial dalam Rancangan Kelompok Teracak Sempurna (RKTS), dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari dua faktor yaitu jenis asam organik (asetat dan fumarat) dan konsentrasi asam organik. Besarnya konsentrasi asam organik mempertimbangkan hal sebagai berikut: Asam asetat mempunyai aktivitas antimikroba jika konsentrasinya di atas 0,5%; sehingga konsentrasi asam asetat (A) yang digunakan adalah 1%; 1,5% dan 2%. Pada fumarat dipilih dosis yang lebih rendah dari dosis penggunaan maksimumnya (0,4 %) dan konsentrasi asam fumarat (F)

yang dipilih adalah 0,1%; 0,15% dan 0,2%. Selain perlakuan tunggal, juga dilakukan 9 kombinasi kedua asam tersebut (Tabel 1). Sebagai kontrol positif, digunakan Natrium benzoat dengan konsentrasi 0,05% (formula komersial pada umumnya) dan kontrol negatif adalah tanpa penambahan pengawet.

Tabel 1. Perlakuan jenis dan konsentrasi asam organik serta kombinasinya

| Perlakuan | Konsentrasi | Perlakuan | Konsentrasi |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------|---------------|
| Kontrol (+) Na-benzoat | 0,05% | Kombinasi Asetat dan Fumarat | A1% F0,1%; |
| Kontrol (-), Tanpa pengawet | - | (AF) | A1% F0,15% |
| | 1% | | A1% F0,2%; |
| Asam Asetat (A) | 1,5% | | A1,5% F0,1%; |
| | 2% | | A1,5% F0,15%; |
| Asam Fumarat (F) | 0,1 % | | A1,5%F0,2%; |
| | 0,15% | | A2% F0,1%; |
| | 0,2% | | A2% F0,15%; |
| | | | A2% F0,2%. |

Analisis dilakukan setelah penyimpanan 6 minggu terhadap karakteristik mutu piksel ubi jalar yang meliputi nilai pH, total asam, total kapang, khamir, BAL, bukan BAL, total padatan, tekstur dan uji sensori. Pemilihan 6 minggu ini berdasarkan percobaan sebelumnya yang menunjukkan bahwa piksel mulai mengalami penurunan mutu setelah disimpan selama 3 minggu. Dengan penambahan pengawet diharapkan dapat memperpanjang sampai 2 kalinya yaitu 6 minggu. Analisis pada awal penyimpanan (0 minggu) juga dilakukan untuk melihat perubahan sebelum dan setelah penyimpanan untuk parameter fisika-kimia dan mikrobiawi. Data yang diperoleh pada minggu ke 6 dianalisis ragamnya (ANARA) untuk mendapatkan penduga ragam galat dan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara perlakuan. Uji lanjut menggunakan uji ortogonal perbandingan pada taraf nyata 5 % (Hanafiah, 2004).

Persiapan Kultur dan Fermentasi Piksel Ubi Jalar Kuning

Pembuatan kultur kerja dilakukan dengan cara menumbuhkan masing masing satu ose kultur stok (*L.plantarum* FNCC 0123 dan *L.mesenteroides* FNCC 0023), pada media MRS Broth sebanyak 5 ml kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Pertimbangan penggunaan 2 jenis mikroba ini sebagai kultur campuran berdasarkan penelitian terdahulu, yaitu kultur campuran menghasilkan sensori yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan starter tunggal. Dari MRS Broth tersebut diambil 1 ml untuk ditumbuhkan dalam media MRS Agar (*pour plate*), kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, lalu diambil sebanyak 1 ose untuk ditumbuhkan kembali

dalam media MRS Broth 9 ml dan diinkubasi 37°C selama 24 jam. Dari MRS Broth tersebut diambil sebanyak 1 ml masing-masing kultur untuk ditumbuhkan bersama (kombinasi) dalam tabung gelas *centrifuge* yang mengandung media MRS Broth steril 8 ml pada suhu 37°C, selama 24 jam, lalu disentrifugasi untuk mendapatkan kultur kerja campuran *L. plantarum* dan *L. mesenteroides*.

Proses pembuatan piksel ubi jalar kuning mengikuti prosedur Panda dkk. (2007) dengan inokulum kultur campuran bakteri asam laktat (BAL) *L. plantarum* FNCC 0123 dan *L. mesenteroides* FNCC 0023. Ubi jalar kuning dikupas, dicuci, dan dipotong bentuk dadu ukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Potongan ubi sebanyak 1.500 g kemudian dimasukkan dalam topless kaca steril berukuran 3 L, dan ditambah campuran air garam 6% - gula 1% sebanyak 1.5 L. Topless yang telah diisi ubi dan air garam dipasteurisasi pada suhu 72°C selama 10 menit, menggunakan penangas air mendidih. Topless dibiarkan dingin, kemudian dinokulasi dengan kultur kerja campuran BAL sebanyak 7% (v/v) dengan dosis 10⁶ CFU/ml, dan difermentasi pada suhu kamar selama 12 hari.

Aplikasi Pengawet Asam Organik dan Evaluasinya

Piksel ubi jalar kuning yang telah difermentasi diambil ubinya dan dibagi menjadi 2 kelompok yang masing-masing dibagi lagi menjadi 17 bagian yang terdiri atas masing-masing 40 g potongan ubi dalam botol kaca steril 150 ml. Pada masing masing botol ini ditambahkan larutan asam organik sebanyak 100 ml berbagai konsentrasi sesuai dengan perlakuan sebagai berikut: Pada tiga botol pertama masing-masing ditambah larutan asam asetat konsentrasi 1,0 ; 1,5 dan 2%; tiga botol kedua masing-masing ditambah larutan asam fumarat konsentrasi masing masing 0,1; 0,15 dan 0,2%, selanjutnya 9 botol ketiga ditambahkan larutan kombinasi asam asetat (A) dan asam fumarat (F) dengan konsentrasi berturut turut A1%F0,1%; A1%F0,15%; A1%F0,2%; A1,5%F0,1%; A1,5%F0,15%; A1,5%F0,2%; A2%F0,1%; A2%F0,15%; A2%F0,2%. Sebagai kontrol disiapkan pula potongan ubi yang diberi 100 ml natrium benzoat 0,05% dan potongan ubi tanpa penambahan pengawet. Seluruh perlakuan tersebut disiapkan untuk dilakukan penyimpanan 6 minggu pada suhu ruang dan satu kelompok lagi untuk pengamatan sebelum penyimpanan. Evaluasi produk dilakukan terhadap fisik dan kimia (pH, total asam dan total padatan terlarut, dan visual).

Pengukuran Fisik Kimia

Pengukuran fisik kimia meliputi pengamatan padatan terlarut, nilai pH dan total asam tertitrisasi. Pengukuran total padatan terlarut menggunakan Abbe hand-refraktometer pada sampel cairan fermentasi. Sedangkan pengukuran pH dan total asam dilakukan pada campuran sampel ubi dan cairan

fermentasi. Pikel sebanyak 6 potongan ubi dan cairannya sebanyak 30 mL diblender. Kemudian disaring dengan kapas hingga didapat ekstraknya. Ekstrak tersebut lalu diukur pH nya dengan pH meter. Untuk mengukur total asam, ekstrak tersebut dititrasi dengan NaOH 0,1 N yang telah distandarisasi hingga pH nya mencapai 8,0 yang merupakan pH akhir titrasi.

Pengujian Mikrobiawi (Total Bakteri Asam Laktat, Total Non BAL, Total Kapang dan Khamir)

Pengujian mikrobiawi dilakukan menggunakan metode agar tuang mengikuti prosedur Harrigan (1998) yang dimodifikasi medianya. Pengamatan total BAL menggunakan media MRS Agar (*de Mann Rogosa Sharp*) yang mengandung 1% CaCO₃. Pada pengamatan kapang digunakan media PDA (*Potato Dekstrose Agar*) dan 1% asam fumarat; sedangkan pada pengamatan total khamir digunakan PDA (*Potato Dekstrose Agar*) yang mengandung 0,1% kloramfenikol. Inkubasi dilakukan selama 2 hari dan jumlah mikroba dihitung (skala 30 sampai dengan 300 koloni). Koloni dengan zona bening dihitung sebagai BAL dan yang tanpa zona bening dihitung sebagai Non BAL.

Pengamatan Sensoris

Pengamatan sensoris pikel ubi jalar yang dilakukan yaitu dengan memilih deskripsi perubahan warna, aroma dan larutan ubi jalar. Pada penampakan cairan, deskripsi yang

tersedia adalah ada endapan, bening, agak keruh, keruh, ada kontaminan, penampakan masih dapat diterima, dan penampakan tidak dapat diterima. Pada penampakan pikel, deskripsinya adalah sangat orange, agak orange, kurang orange, orange agak pucat, orange pucat, orange sangat pucat, lain-lain, warna masih dapat diterima, warna tidak dapat diterima, sedangkan deskripsi pada parameter aroma adalah normal pikel, sangat asam, asam, dan sedikit asam, aroma ubi jalar, tidak ada aroma, aroma lainnya, aroma masih dapat diterima, dan aroma tidak dapat diterima. Seluruh pengamatan secara visual dilakukan oleh 20 orang panelis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Asetat, Fumarat dan Kombinasinya terhadap Kualitas Mikrobiawi Pikel

Kualitas mikrobiawi pikel ubi jalar kuning mengacu pada standar SNI untuk acar 01-37841995, sehingga kualitas mikrobiawi ditentukan oleh total kapang, khamir, dan bakteri termasuk bakteri non BAL, yang tumbuh selama fermentasi dan penyimpanan. Semua parameter ini merupakan parameter mutu keamanan pangan, sedangkan total BAL merupakan bakteri yang diinginkan di dalam pikel, selama fermentasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan asetat, fumarat serta kombinasinya memiliki efektivitas pengawetan lebih baik daripada kontrol positif Na-benzoat

Tabel 2. Total mikroba pikel ubi jalar kuning setelah 6 minggu penyimpanan pada suhu kamar

| Perlakuan | Kapang | | Khamir | | Bakteri asam laktat | | Non-bakteri asam laktat | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | Minggu ke 0 | Minggu ke 6 | Minggu ke 0 | Minggu ke 6 | Minggu ke 0 | Minggu ke 6 | Minggu ke 0 | Minggu ke 6 |
| K(+) K(-) tanpa pengawet | 4,1.10 ³ | 4,7.10 ² | 4,1.10 ³ | 3,0.10 ² | 6,6.10 ³ | 3,6.10 ³ | 4,4.10 ² | 5,7.10 ⁴ |
| | 7,2.10 ³ | 3,2.10 ⁴ | 3,0.10 ³ | 3,2.10 ³ | 3,5.10 ² | 3,3.10 ³ | 4,3.10 ² | 6,1.10 ⁵ |
| A1 (asetat 1%) | < 30 | 0,00 | < 30 | < 30 | 77 | < 30 | 3,3.10 ² | 81 |
| A2 (asetat 1,5%) | < 30 | 0,00 | 0,00 | < 30 | < 30 | < 30 | 71 | < 30 |
| A3 (asetat 2%) | < 30 | 0,00 | < 30 | < 30 | < 30 | < 30 | 59 | <30 |
| F1 (asam fumarat 0,1%) | < 30 | < 30 | < 30 | 6,3.10 ¹ | 34 | 0,00 | 81 | 4,1.10 ³ |
| F2 (asam fumarat 0,15%) | < 30 | < 30 | 0,00 | 6,8.10 ¹ | < 30 | < 30 | 57 | 3,8.10 ² |
| F3 (asam fumarat 0,2%) | < 30 | < 30 | 0,00 | 5,2.10 ¹ | < 30 | 0,00 | 95 | 69 |
| A ₁ F ₁ (asetat 1% + fumarat 0,1%) | < 30 | 0,00 | < 30 | < 30 | < 30 | 0,00 | 3,7.10 ² | 47 |
| A ₁ F ₂ (asetat 1% + fumarat 0,15%) | < 30 | < 30 | 0,00 | < 30 | < 30 | 0,00 | 47 | 66 |
| A ₁ F ₃ (asetat 1% + fumarat 0,2%) | < 30 | < 30 | 0,00 | 0,00 | < 30 | < 30 | 71 | <30 |
| A ₂ F ₁ (asetat 1,5% + fumarat 0,1%) | 0,00 | < 30 | 0,00 | < 30 | < 30 | 0,00 | 77 | 69 |
| A ₂ F ₂ (asetat 1,5% + fumarat 0,15%) | < 30 | < 30 | < 30 | 0,00 | < 30 | 0,00 | 1,7.10 ² | 43 |
| A ₂ F ₃ (asetat 1,5% + fumarat 0,2%) | 0,00 | <30 | 0,00 | 0,00 | < 30 | 0,00 | 3,0.10 ² | 1,7.10 ² |
| A ₃ F ₁ (asetat 2% + fumarat 0,1%) | 0,00 | <30 | 0,00 | 0,00 | < 30 | 0,00 | 1,2.10 ² | 4,0.10 ² |
| A ₃ F ₂ (asetat 2% + fumarat 0,15%) | < 30 | < 30 | < 30 | 0,00 | < 30 | 0,00 | 53 | 2,3.10 ² |
| A ₃ F ₃ (asetat 2% + fumarat 0,2%) | 0,00 | < 30 | 0,00 | < 30 | < 30 | 0,00 | 1,5.10 ² | 2,1.10 ² |

Keterangan : Data merupakan hasil rata-rata tiga ulangan

(Tabel 2). Nilai pH awal penyimpanan piksel ubi jalar kuning dengan penambahan natrium benzoat (pH 4,11) lebih tinggi dibandingkan pH penambahan asam asetat (pH 3,10-3,22), asam fumarat (pH 3,05-3,11), dan kombinasi asam asetat-fumarat (pH 3,10-3,29), sementara nilai pKa natrium benzoat lebih rendah daripada asam asetat, tetapi lebih tinggi daripada asam fumarat yaitu berturut-turut 4,2 ; 4,8 dan 3,08 (Doesburg, 2006). Kemampuan asam lemah sebagai antimikroba antara lain ditentukan oleh pH, dan pKa (Doesburg, 2006; Jamilah dkk., 2008), karena nilai-nilai tersebut mempengaruhi jumlah bagian yang tidak terdisosiasi yang berperan sebagai antimikroba. Makin tinggi nilai pKa dan makin rendah nilai pH, maka bagian yang tidak terdisosiasi makin banyak. Dengan demikian, asam asetat dan asam fumarat mampu membentuk bagian tidak terdisosiasi lebih banyak daripada natrium benzoat pada piksel ubijalar kuning sehingga aktifitas antimikrobanya lebih baik.

Total kapang dan khamir pada perlakuan asetat, fumarat dan kombinasinya, memenuhi standar SNI untuk acar 01-3784-1995 (maksimal cemaran mikroba $1,0 \times 10^2$ koloni/ml), sedangkan pada kontrol (tanpa pengawet) dan perlakuan Na-benzoat terdapat mikroba yang tidak diinginkan lebih dari $1,0 \times 10^2$ koloni setelah 6 minggu penyimpanan. Selain karena tanpa pengawet, pH awal piksel perlakuan ini (4,54) yang lebih tinggi dari perlakuan lainnya (pH 2,82- 4,11), turut mendukung kesesuaian pertumbuhan kapang dan khamir. Menurut Khan dkk. (2005), kapang kontaminan yang terdapat pada beberapa piksel antara lain *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Rhizopus* dan *Mucor*.

Perlakuan kombinasi asetat-fumarat efektif mencegah khamir dan kapang, serta bakteri bukan BAL dibandingkan perlakuan fumarat saja, dan efektif mencegah khamir dibandingkan dengan perlakuan asetat saja (Tabel 2 dan 3). Hal ini dapat disebabkan oleh efek sinergis antara asam asetat dan asam fumarat. Menurut Doesburg (2006) masing-masing asam akan bertindak atas spektrum mikroba (kapang-khamir) yang berbeda dan akan memberikan efek pengawetan yang lebih baik (bersinergi) apabila dikombinasikan.

Hasil penelitian juga menunjukkan asam asetat saja lebih efektif menekan khamir dibandingkan fumarat, sementara

perlakuan fumarat saja lebih efektif menekan pertumbuhan kapang dibandingkan asetat (Tabel 2 dan 3). Perbedaan efektivitas kedua asam organik ini mengindikasikan bahwa diperlukan kombinasi keduanya dan atau dengan pengawet yang lain agar efektivitas penghambatan terhadap pertumbuhan mikroba menjadi lebih baik dengan spektrum yang lebih luas. Perez-Diaz dan McFeeters, (2008) dan Perez-Diaz, (2011) misalnya melaporkan bahwa asam fumarat saja kurang efektif dalam penghambatan terhadap khamir pada piksel ketimun sehingga perlu dikombinasi dengan alil isotionat dan sinamildehid. Asam fumarat dapat dimetabolisasi oleh sejumlah khamir dan ditransportasi secara aktif maupun pasif misalnya oleh *Hansenula anomala* (Corte-Real dan Leao 1990; Saayman dkk., 2000). Selain itu, beberapa spesies khamir seperti *Zygosaccharomyces* spp. dilaporkan tahan terhadap pH rendah dan juga pengawet sekalipun dosis tinggi (Martorell dkk., 2007) dan diduga jenis khamir yang disebutkan ini juga dapat tumbuh pada piksel ubi jalar kuning.

Pengaruh Asetat, Fumarat dan Kombinasinya terhadap Mutu Fisik dan Kimia Piksel

Mutu fisik dan kimia piksel ubi jalar kuning ditentukan oleh antara lain total asam, pH, padatan terlarut dan tekstur. Perubahan yang tidak nyata dari parameter tersebut di atas menunjukkan kestabilan kualitas piksel ubi jalar kuning (dengan pH dan total asam piksel pada kisaran nilai untuk makanan asam). Nilai pH piksel dengan pengawet setelah penyimpanan selama 6 pada suhu ruang berkisar antara 3,10 – 3,48, dengan total asam (sebagai asam laktat) 1,13-2,34 % (Tabel 4). Penambahan asam asetat, fumarat dan kombinasinya, efektif menstabilkan nilai total asam, pH, dibandingkan Na-benzoat, namun terdapat perbedaan efektifitas dalam mempertahankan total padatan terlarut dan tekstur piksel ubi jalar kuning yang disimpan pada suhu ruang selama 6 minggu.

Setelah penyimpanan, perubahan pH piksel ubi jalar kuning dengan perlakuan tanpa pengawet dan kontrol positif (Na-benzoat) lebih tinggi yaitu sebesar 0,94 dan 0,63 unit. Pada perlakuan asetat, fumarat dan kombinasinya, pH mengalami sedikit peningkatan (0,16-0,36 unit), akan tetapi pH akhir

Tabel 3. Rekapitulasi F hitung hasil uji ortogonal perbandingan pada parameter mikrobiawi

| Perbandingan | Kapang | Khamir | Bakteri Asam Laktat (BAL) | Total bukan BAL |
|---------------------|------------|------------|---------------------------|-----------------|
| K(-) vs K(+),A,F,AF | 673,764 ** | 143,129 ** | 387,494** | 27,254 ** |
| K(+) vs A,F,AF | 175,553 ** | 54,694 ** | 500,658 ** | 16,273 ** |
| AF vs A,F | 3,373 ns | 26,070 ** | 42,500 ** | 0,231 ns |
| A vs F | 18,017** | 55,455 ** | 68,698 ** | 3,034 ns |

K(-) = tanpa pengawet, K(+) = Na-benzoat, A = Asetat, F = Fumarat, AF =Asetat Fumarat,

** = berbeda nyata pada alfa 1%, ns= tidak berbeda nyata

Tabel 4. Nilai mutu fisik dan kimia piksel ubi jalar kuning dan perubahannya setelah 6 minggu penyimpanan suhu ruang

| Perlakuan | Total asam tertitrasi (%) | | pH | | Total padatan terlarut | |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| | Minggu ke 6 | Perubahan total asam | Minggu ke 6 | Perubahan pH | Minggu ke 6 | Perubahan padatan terlarut |
| Tanpa pengawet) | 0,58±0,19 | +0,14 | 3,60±0,07 | - 0,94 | 6,00±0,20 | 4,00 |
| Na-benzoat 0,05%) | 0,34±0,06 | +0,26 | 3,48±0,06 | - 0,63 | 1,47±0,12 | 1,34 |
| Asetat 1% | 1,13±0,10 | - 0,20 | 3,47±0,03 | +0,25 | 2,10±0,17 | 1,80 |
| Asetat 1,5% | 1,83±0,15 | +0,24 | 3,33±0,01 | +0,24 | 1,93±0,12 | 1,80 |
| Asetat 2% | 2,03±0,15 | -0,14 | 3,28±0,05 | +0,28 | 2,10±0,10 | 1,85 |
| Fumarat 0,1% | 0,29±0,03 | +0,01 | 3,42±0,08 | +0,36 | 1,57±0,06 | 1,57 |
| Fumarat 0,15% | 0,26±0,07 | +0,04 | 3,30±0,02 | +0,19 | 1,47±0,12 | 1,40 |
| Fumarat 0,2% | 0,36±0,05 | +0,06 | 3,26±0,05 | +0,21 | 1,40±0,20 | 1,35 |
| Asetat 1% + Fumarat 0,1% | 1,34±0,10 | - 0,08 | 3,29±0,04 | +0,25 | 2,00±0,10 | 1,88 |
| Asetat 1% + Fumarat 0,15% | 1,28±0,14 | - 0,22 | 3,25±0,12 | +0,34 | 2,10±0,17 | 2,07 |
| Asetat 1% + Fumarat 0,2% | 1,35±0,05 | - 0,09 | 3,18±0,05 | +0,28 | 2,07±0,12 | 1,92 |
| Asetat 1,5% + Fumarat 0,1% | 1,77±0,10 | - 0,39 | 3,18±0,11 | +0,16 | 2,03±0,06 | 1,48 |
| Asetat 1,5% + Fumarat 0,15% | 1,86±0,13 | - 0,02 | 3,10±0,11 | +0,28 | 2,17±0,06 | 1,84 |
| Asetat 1,5% + Fumarat 0,2% | 1,68±0,11 | - 0,26 | 3,12±0,09 | +0,29 | 2,10±0,17 | 1,93 |
| Asetat 2% + Fumarat 0,1% | 1,92±0,26 | - 0,54 | 3,14±0,03 | +0,26 | 2,13±0,12 | 1,41 |
| Asetat 2% + Fumarat 0,15% | 2,01±0,09 | - 0,58 | 3,10±0,02 | +0,25 | 2,13±0,12 | 1,73 |
| Asetat 2% +Fumarat 0,2% | 2,34±0,14 | - 0,09 | 3,12±0,09 | +0,20 | 2,30±0,10 | 1,73 |

Data merupakan hasil rata-rata tiga ulangan - : terjadi penurunan + : terjadi peningkatan.

Nilai perubahan diperoleh dari selisih antara data setelah 6 minggu penyimpanan dan sebelum penyimpanan

masih dalam kisaran makanan asam yaitu 3,10–3,47.; dan tidak ada perbedaan pH yang nyata antara perlakuan asam asetat (3,28–3,47) dan perlakuan asam fumarat (3,26–3,42) (Tabel 4). Namun demikian, nilai total asam perlakuan asam fumarat lebih rendah dibandingkan perlakuan asam asetat yang disebabkan oleh perbedaan nilai pKa asam fumarat (3,02) dan asam asetat (4,74). Nilai pKa mempengaruhi jumlah bagian yang tidak terdisosiasi yang akan terukur pada pengukuran total asam. Pada pH yang sama, bagian yang tidak terdisosiasi pada asam asetat lebih banyak, sehingga memiliki nilai total asam lebih tinggi.

Pada perlakuan kombinasi asetat-fumarat, makin tinggi konsentrasi asetat, nilai total asamnya makin tinggi dan karena

efek sinergis dengan asam fumarat maka nilai yang dihasilkan lebih tinggi dari masing masing asam asetat atau fumarat saja. Total asam yang tinggi dan pH rendah pada perlakuan asam asetat, fumarat dan kombinasinya menyebabkan jenis dan jumlah mikroba yang tumbuh terbatas, sehingga perubahan kedua parameter ini setelah 6 minggu penyimpanan relatif kecil.

Pikel tanpa penambahan pengawet (kontrol negatif) memiliki perubahan total padatan tertinggi yaitu 4,00 unit, sedangkan pada perlakuan penambahan pengawet berkisar antara 1,34–2,07 unit; yaitu berkisar antara 1,80-1,85 untuk perlakuan asetat, 1,35-1,57 untuk perlakuan asam fumarat, 1,34 untuk perlakuan Na-benzoat, dan 1,41-2,07 untuk

Tabel 5. Rekapitulasi F hitung hasil uji ortogonal perbandingan pada parameter fisikokimia.

| Perbandingan | Total Asam | pH | Total Padatan Terlarut (brax) |
|---------------------|-------------|----------|-------------------------------|
| K(-) vs K(+),A,F,AF | 133, 177 ** | 67,496** | 2565,723 ** |
| K(+) vs A,F,AF | 254,228 ** | 32341** | 39,834 ** |
| AF vs A,F | 469,973 ** | 65765** | 74,546 ** |
| A vs F | 619,975 ** | 0,779 ns | 79, 724 ** |

K(-) = tanpa pengawet, K(+) = Na-benzoat, A = Asetat, F = Fumarat, AF =Asetat Fumarat, ** = berbeda nyata pada alfa 1%,

ns = tidak berbeda nyata

perlakuan kombinasi asetat fumarat. Hal ini, berarti stabilitas total padatan terlarut perlakuan kombinasi asam asetat-fumarat lebih baik daripada perlakuan asam asetat, namun tidak berbeda nyata ($p \leq 0,05$) dengan perlakuan fumarat.

Nilai total padatan terlarut menyatakan jumlah zat padatan yang terlarut dalam larutan yang dalam hal ini diduga berupa sel-sel mikroba selain asam organik, dan monosakarida. Peningkatan total padatan mengindikasikan adanya aktivitas mikroba seperti bakteri, kapang dan khamir yang merombak senyawa kompleks menjadi senyawa lebih sederhana sebagai sumber substrat pertumbuhan. Hasil metabolit mikroba tersebut beserta sel mikroba akan terlarut dalam larutan piksel sehingga total padatan terlarut meningkat. Perlakuan penambahan pengawet lebih dapat menstabilkan perubahan total padatan terlarut karena dapat menekan pertumbuhan mikroba. Fakta ini sejalan dengan hasil penelitian tentang pengawetan lobak fermentasi (Joshi dan Sharma, 2009), pengawetan jus apel-aprikot (Hussain dkk., 2011), dan pengawetan pulp mangga sampai dengan 60 hari (Akhtar dkk., 2010).

Pengaruh Asetat, Fumarat dan Kombinasinya terhadap Mutu Sensori Piksel

Karakteristik sensori yang menentukan mutu piksel ubi jalar kuning adalah penampakan cairan, warna, dan aroma. Penampakan cairan ikut menentukan mutu piksel karena piksel dengan kenampakan cairan bening lebih dapat diterima, sedangkan warna dan aroma merupakan kriteria yang penting bagi konsumen dalam memilih piksel yang disukai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pengawet mempunyai karakteristik sensori (kejernihan cairan, warna, dan aroma) lebih baik dibandingkan tanpa pengawet (kontrol negatif). Perlakuan asam asetat, fumarat dan kombinasinya menghasilkan mutu sensori yang lebih baik dibandingkan kontrol positif (Na-benzoat). Perlakuan dengan penambahan pengawet menghasilkan penampakan cairan lebih jernih (skor 3,97–6,30), tingkat penerimaan lebih tinggi yaitu 18 dari 20 panelis (90% panelis) menyatakan piksel masih dapat diterima, efektif mempertahankan warna piksel ubi jalar kuning dengan tingkat penerimaan panelis 90% dapat menerima warna piksel ubi jalar kuning, dapat

Tabel 6. Mutu sensori piksel setelah 6 minggu penyimpanan suhu ruang

| Perlakuan | Penampakan cairan | | Warna | | Aroma | |
|--|-------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|
| | Skor | Panelis Masih dapat menerima (%) | Skor | Panelis Masih dapat menerima (%) | Skor | Panelis Masih dapat menerima (%) |
| K(-) tanpa penambahan pengawet | 2,53±0,23 | 15,00 | 2,33±0,21 | 58,33 | 2,27±0,21 | 10,00 |
| K(+) natrium benzoat 0,05% | 4,18±0,68 | 90,00 | 3,05±0,38 | 100,00 | 3,50±0,74 | 68,33 |
| A1 (asam asetat 1%) | 6,02±0,86 | 93,33 | 3,03±0,37 | 100,00 | 3,98±0,47 | 86,67 |
| A2 (asam asetat 1,5%) | 5,97±0,80 | 91,67 | 3,28±0,28 | 100,00 | 3,95±0,44 | 85,00 |
| A3 (asam asetat 2%) | 5,05±0,96 | 100,00 | 3,18±0,29 | 96,67 | 4,00±0,30 | 80,00 |
| F1 (asam fumarat 0,1%) | 5,17±1,00 | 95,00 | 3,18±0,58 | 93,33 | 4,12±0,88 | 96,67 |
| F2 (asam fumarat 0,15%) | 6,02±0,62 | 96,67 | 3,25±0,26 | 95,00 | 4,53±0,19 | 95,00 |
| F3 (asam fumarat 0,2%) | 5,88±0,86 | 100,00 | 3,23±0,51 | 100,00 | 5,10±0,23 | 98,33 |
| A1F1 (asam asetat 1% + asam fumarat 0,1%) | 6,30±0,48 | 100,00 | 3,33±0,47 | 98,33 | 4,25±0,83 | 88,33 |
| A1F2 (asam asetat 1% + asam fumarat 0,15%) | 5,23±0,55 | 98,33 | 3,12±0,23 | 93,33 | 3,98±0,90 | 91,67 |
| A1F3 (asam asetat 1% + asam fumarat 0,2%) | 4,25±0,84 | 91,67 | 3,13±0,50 | 96,67 | 3,85±0,75 | 86,67 |
| A2F1 (asam asetat 1,5% + asam fumarat 0,1%) | 4,57±0,78 | 100,00 | 3,28±0,14 | 100,00 | 4,07±0,49 | 95,00 |
| A2F2 (asam asetat 1,5% + asam fumarat 0,15%) | 4,67±0,81 | 100,00 | 3,40±0,20 | 95,00 | 3,83±0,25 | 93,33 |
| A2F3 (asam asetat 1,5% + asam fumarat 0,2%) | 4,73±0,33 | 96,67 | 3,10±0,53 | 96,67 | 3,75±0,53 | 76,67 |
| A3F1 (asam asetat 2% + asam fumarat 0,1%) | 4,40±0,20 | 91,67 | 2,92±0,19 | 96,67 | 3,75±0,00 | 83,33 |
| A3F2 (asam asetat 2% + asam fumarat 0,15%) | 4,38±0,20 | 96,67 | 3,18±0,08 | 98,33 | 3,90±0,30 | 93,33 |
| A3F3 (asam asetat 2% + asam fumarat 0,2%) | 3,97±0,81 | 98,33 | 2,88±0,38 | 93,33 | 3,62±0,13 | 73,33 |

Skor penampakan cairan : 7 = Bening, 6 = Bening, ada endapan, 5 = Agak keruh, 4 = Agak keruh, ada endapan, 3 = Keruh, 2 = Keruh ada endapan, 1 = Ada kontaminan.

Skor warna: 6 = Sangat orange, 5 = Agak orange, 4 = Kurang orange, 3 = Orange agak pucat, 2 = Orange pucat, 1 = Orange sangat pucat

Skor aroma: 7 = Normal piksel, asam, aroma ubi jalar, 6 = Normal piksel, sedikit asam, aroma ubi jalar; 5 = Normal piksel, sangat asam, aroma ubi jalar 4 = Asam 3 = Sedikit asam 2 = Sangat asam 1 = Aroma menyimpang

mempertahankan aroma piksel ubi jalar dengan tingkat penerimaan lebih tinggi yaitu 68%–98% (13–19 dari 20 panelis) dapat menerima.

Pengawet asam asetat dan fumarat memiliki efektifitas yang sama dengan kontrol positif Na-benzoat, dan terdapat perbedaan efektifitas antara perlakuan kombinasi asam asetat-fumarat dengan asam asetat dan asam fumarat saja.

Tabel 7. Rekapitulasi F hitung hasil uji ortogonal perbandingan pada parameter penampakan cairan.

| Perbandingan | Skor penampakan cairan | Sensori warna | Sensori aroma |
|---------------------|------------------------|---------------|---------------|
| K(-) vs K(+),A,F,AF | 34,369 ** | 13,994 ** | 29,550 ** |
| K (+) vs A,F,AF | 4,612 * | 0,283 ns | 2,928 ns |
| AF vs A,F | 19,89 ** | 0,155 ns | 5,602 * |
| A vs F | 0,001 ns | 0,0101 ns | 5,428 * |

K(-) = tanpa pengawet, K(+) = Na-benzoat, A = Asetat, F = Fumarat, AF =Asetat Fumarat, ** = berbeda nyata pada alfa 1%, * berbeda nyata pada alfa 5%, ns= tidak berbeda nyata

Kejernihan cairan piksel ubi jalar kuning dipengaruhi oleh aktifitas enzim mikrobia pendegradasi komponen kimia yang dominan pada ubi jalar seperti gula, pati dan pektin. Terdegradasinya sebagian komponen tersebut dapat menyebabkan cairan piksel ubi jalar kuning menjadi keruh selama penyimpanan. Piksel ubi jalar kuning tanpa pengawet memiliki total padatan tertinggi sehingga lebih keruh dan skor kejernihannya rendah dibandingkan perlakuan (asetat dan fumarat) maupun perlakuan Na-benzoat (kontrol positif). Kemampuan pengawet mempertahankan kecerahan dibandingkan tanpa pengawet juga dilaporkan oleh Rahasti (2008) pada piksel jahe; Verma dkk., (2008) pada pasta *henna*.

Warna pada piksel ubi jalar kuning dipengaruhi oleh pigmen beta karoten yang jika makin turun kadarnya, warna orange ubi jalar makin berkurang. Penurunan kadar beta karoten dapat disebabkan oleh proses oksidasi enzimatis yang dikatalis oleh enzim lipoksigenase, yang secara alami terkandung dalam ubi jalar tetapi juga dihasilkan oleh mikroba. Enzim ini memiliki pH optimum sekitar netral 6,8 dan mampu mengoksidasi karotenoid (Baysal dan Demirdöven, 2007). Degradasi beta karotenoid pada berbagai pengolahan hasil pertanian dilaporkan oleh Borelli dkk. (1999); Lomnitski dkk. (1993); Taha dan Sagi, (1987); Trono dkk. (1999). Piksel dengan perlakuan penambahan bahan pengawet fumarat, asetat maupun benzoat mempunyai pH awal dan akhir lebih rendah sehingga efek inaktivasi terhadap enzim lipoksigenase lebih besar dibandingkan piksel tanpa pengawet. Dengan demikian, kecerahan warna orange lebih bertahan serta skor penilaian terhadap warna piksel lebih tinggi.

Selain aroma yang lebih asam, pada perlakuan kontrol negatif juga terdapat aroma yang menyimpang yang tidak diinginkan seperti aroma tape, bau menyengat, bau alkohol dan bau sedikit busuk, yang diduga berasal dari mikroba kontaminan. Hal ini didukung oleh data total mikroba (kapang, khamir dan non-bakteri asam laktat) pada perlakuan kontrol negatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain.

Pada perlakuan asam, penerimaan yang semakin rendah terjadi pada perlakuan asam asetat yang semakin tinggi konsentrasinya. Hal ini disebabkan pada konsentrasi yang tinggi aroma menyengat dari asam asetat semakin kuat. Berbeda halnya dengan perlakuan penambahan asam fumarat yang memiliki penerimaan lebih tinggi dari asam asetat (83,89%) maupun kombinasi asam asetat fumarat, (86,85%). Aroma asam fumarat tidak menyengat karena konsentrasi yang digunakan lebih sedikit sehingga dapat lebih diterima. Pada perlakuan kombinasi asam asetat-fumarat, terjadi efek sinergis dari penambahan asam fumarat sehingga aroma menyengat dari asam asetat dapat diimbangi.

KESIMPULAN

Penambahan asam asetat, fumarat dan kombinasinya efektif memperpanjang umur simpan pasca fermentasi piksel ubi jalar kuning selama 6 minggu penyimpanan pada suhu kamar dibandingkan pengawet Na-benzoat. Di antara perlakuan pengawet, piksel ubi jalar dengan perlakuan kombinasi asamasetat-fumarat memiliki mutu fisika-kimia dan mikrobiologi lebih baik dibandingkan perlakuan asam asetat dan asam fumarat saja; dan berdasarkan uji sensoris, perlakuan penambahan asam fumarat mempunyai persentase penerimaan paling tinggi (98,33% – 100%) untuk penampakan cairan, warna piksel dan aroma piksel dibandingkan perlakuan asam asetat dan kombinasi asetat fumarat. Penggunaan asam asetat efektif memperpanjang mutu mikrobiologi, fisika dan kimia, tetapi secara sensoris kurang disukai panelis karena aromanya yang lebih menyengat. Oleh karena itu perlu penelitian lebih lanjut penggunaan pengawet kombinasi fumarat dengan asam organik lain selain asetat untuk mempertahankan mutu sensoris yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen Dikti DP2M yang telah mendanai penelitian ini melalui skim Hibah Bersaing Dikti tahun anggaran 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulmumeen, H.A., Risikat, A.N. dan Sururah, A.R. (2012). Food: Its preservatives, additives and applications. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* **1**: 36-47.
- Abu-Ghoush, M., Herald, T.J., Dowell, F., Xie, F., Aramouni, F.M. dan Madl, R. (2008). Effect of preservatives addition on the shelf-life extensions and quality of flat bread as determined by near-infrared spectroscopy and texture analysis. *International Journal of Food Science and Technology* **43**: 357-364.
- Akhtar, S., Riaz, M., Ahmad A. dan Nisar, A. (2010). Physico-chemical, microbiological and sensory stability of chemically preserved mango pulp. *Pakistan Journal of Botany* **42**: 853-862.
- Baysal, T. dan Demirdöven, A. (2007). Lipoxygenase in fruits and vegetables: A review. *Enzyme and Microbial Technology* **40**: 491-496.
- Borrelli, G.M., Troccoli, A., Di Fonzo, N. dan Fares, C. (1999). Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta colour. *Cereal Chemistry* **76**: 335-340.
- Bush, R.K., Taylor, S.L., Holden, K., Norddle, J.A. dan Busse, W.W. (1986). Prevalance of sensitivity to sulfiting agents in asmatic patients. *American Journal of Medicine* **81**: 816-820.
- Chikthimmah, N., Laborde, L.F. dan Beelman, R.B. (2003). Critical factors affecting the destruction of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider treated with fumaric acid and sodium benzoate. *Journal of Food Science* **68**: 1438-1442.
- Comes, J.E. dan Beelman, R.B. (2002). Addition of fumaric acid and sodium benzoate as an alternative method to achieve a 5-log reduction of *Escherichia coli* O157:H7 populations in apple cider. *Journal of Food Protection* **65**(3): 476-83.
- Corte-Real, M. dan Leao, C. (1990). Transport of malic acid and other dicarboxylic acids in the yeast *Hansenula anomala*. *Applied Environmental Microbiololgy* **56**: 1109-1113.
- Doesburg, B. (2006). Strong performance by weak acids: How to keep your foods safe and sharp. *Food and Beverage Asia*. April/May **2006**: 50-55.
- Hanafiah, K.A. (2004). *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Harrigan, W.F. (1998). *Laboratory methods in food microbiology*. 3rd edition San Diego: Academic Press.
- Hussain, I., Zeb A. dan Ayub, M. (2011). Evaluation of apple and apricot blend juice preserved with sodium benzoate at refrigeration temperature. *World Journal of Agricultural Science* **7**: 136-142.
- Jamilah, M.B., Abbas K.A. dan Rahman, R.A. (2008). A Review on some organic acids additive as shelf life extenders of fresh beef cuts. *American Journal of Agricultural and Biology Science* **3**: 566-574.
- Joshi, V.K. dan Sharma, S. (2009). Lactic acid fermentation of radish for shelf-stability and pickling. *Natural Product Radiance* **8**: 19-24.
- Khan, S.H., Muhammad, F., Idrees, M., Shafique, M., Hussain, I. dan Farooqi, M.H. (2005). Some studies on spoilage fungi of pickles. *Journal of Agriculture and Social Science* **1**(1): 14-15.
- Kondo, N., Murata, M., dan Isshiki K. (2006). Efficiency of sodium hypochlorite, fumaric acid, and mild heat in killing native microflora and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Food Protection* **69**: 323-329.
- Lee, S-Y. (2004). Microbial safety of pickled fruits and vegetables and hurdle technology. *Internet Journal of Food Safety* **4**: 21-32.
- Lomnitski, L., Bar-Natan, R., Sklan, D. dan Grossman, S. (1993). The interaction between β -carotene and lipoxygenase in plant and animal systems. *Biochimica Biophysica Acta* **1167**: 331-338.
- Lu, H.J., Breidt, F., Perez-Diaz, I.M. dan Osborne, J.A. (2011). Antimicrobial Effects of Weak Acids on the Survival of *Escherichiacoli* O157:H7 under Anaerobic Conditions. *Journal of Food Protection* **74**(6): 893-898.
- Martorell, P., Stratford, M., Steels, H., Fern´andez-Espinar, M.T. dan Amparo, Q. (2007). Physiological characterization of spoilage strains of *Zygosaccharomyces bailii* and *Zygosaccharomyces rouxii* isolated from high sugar environments. *International Journal of Food Microbiology* **114**: 234-42.
- Muchtadi, D. (1989). Sulfit dipermasalahkan dan nitrit dikurangi? Info Keamanan Pangan. *Suara Pembaruan*, 17 April 1989.
- Panda, S.H, Parmanick, M., dan Ray, R.C. (2007). Lactic acid fermentation of sweet potato (*Ipomoea batatas L*) into pickles. *Journal of Food Processing Preservation* **31**: 83-101.

- Pérez-Díaz, I.M. dan McFeeters, R.F. (2008). Microbiological preservation of cucumbers for bulk storage by the use of acetic acid and food preservatives. *Journal of Food Science* **73**: M287-M291.
- Pérez-Díaz, I.M. (2011). Preservation of acidified cucumbers with a combination of fumaric acid and cinnamaldehyde that target lactic acid bacteria and yeasts. *Journal of Food Science* **76**: M473-M477.
- Pérez-Díaz, I.M., dan McFeeters, R.F. (2010). Preservation of acidified cucumbers with a natural preservative combination of fumaric acid and allyl isothiocyanate that target lactic acid bacteria and yeasts. *Journal of Food Science* **75**: 204-208.
- Pundir, R.K. dan Jain, P. (2010). Screening for antifungal activity of commercially available chemical food preservatives. *International Journal of Pharmaceutical Science Review and Research* **5**(2): 25-27.
- Pundir, R.K. dan Jain, P. (2011). Evaluation of five chemical food preservatives for their antibacterial activity against bacterial isolates from bakery products and mango pickles. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* **3**(1): 24-31.
- Rahasti, N. (2008). *Pengaruh Konsentrasi Natrium Benzoat terhadap Perubahan Mutu Pikel Jahe (Zingiber officinale) selama Penyimpanan*. Skripsi. Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ray, B. (2004). *Fundamental Food Microbiology*. New York: CRC Press, Inc.
- Saayman, M, van-Vuuren, H.J.J., van-Zyl, W.H. dan Bloom, M.V. (2000). Differential uptake of fumarate by *Candida utilis* and *Schizosaccharomyces pombe*. *Applied Microbiology and Biotechnology* **54**: 792-798.
- Taha, S.A. dan Sagi, F. (1987). Relationships between chemical composition of durum wheat semolina and macaroni quality. II. Ash, carotenoid pigments, and oxidative enzymes. *Cereal Research Communication* **15**: 402-407.
- Trono, D., Pastore, D. dan Di Fonzo, N. (1999). Carotenoid dependent inhibition of durum wheat lipoxygenase. *Journal of Cereal Science* **29**: 99-102.
- Verma, N., Mehra, D.S, Niyogi, U.K. dan Khandral, R.K. (2008). Retention of colour intensity in henna paste during storage. *Natural Product Radiance* **7**(2): 117-121.