

MIKROEMULSI MINYAK DALAM AIR (O/W) SEBAGAI PEMBAWA α -TOKOFEROL UNTUK MENGHAMBAT *SUNLIGHT FLAVOR* PADA SUSU *FULL CREAM* AKIBAT FOTOOKSIDASI

Oil-in-Water Microemulsion Containing α -Tocopherol to Inhibit Sunlight Flavor Formation in Photo-Oxidized Full Cream Milk

Sih Yuwanti¹, Sri Raharjo², Pudji Hastuti², Supriyadi²

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37
Kampus Tegalboto, Jember, Jawa Timur 68121

²Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora,
Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Email: s.sihyuwanti@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menentukan konsentrasi tertinggi α -tokoferol yang dapat ditambahkan ke mikroemulsi O/W yang stabil dan mengevaluasi kemampuan α -tokoferol dalam mikroemulsi O/W untuk menghambat *sunlight flavor* pada susu *full cream* akibat fotooksidasi. Konsentrasi α -tokoferol yang ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W adalah 5.000 – 10.000 ppm. Konsentrasi α -tokoferol tertinggi yang dapat ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W ditentukan dengan uji stabilitas terhadap panas dengan pengovenan 105 °C selama 5 jam. Susu *full cream* tanpa atau ditambah 2 % mikroemulsi O/W yang mengandung α -tokoferol dipapar cahaya fluoresens 2000 Lux dalam lemari pajang pada 10 °C selama 8 jam. Sampel susu *full cream* yang lain dibungkus dengan aluminium foil untuk melindungi dari cahaya. Keberadaan dimetil disulfida ditentukan dengan metode *headspace*-SPME/SIM GCMS, dan *sunlight flavor* diuji secara sensoris dengan metode *triangle test* menggunakan 18 panelis terseleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi α -tokoferol tertinggi yang dapat ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W adalah 5.000 ppm. Penambahan 2 % mikroemulsi O/W yang mengandung α -tokoferol dapat menghambat pembentukan dimetil disulfida dan *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang terpapar cahaya.

Kata kunci: α -Tokoferol, mikroemulsi O/W, susu, *sunlight flavor*

ABSTRACT

The objectives of this research were to determine the highest level of α -tocopherol could be incorporated into O/W microemulsion and to evaluate the effectiveness of O/W microemulsion containing α -tocopherol to inhibit sunlight flavor formation in photo-oxidized full cream milk. α -Tocopherol (5.000 – 10.000 ppm) was incorporated into O/W microemulsion. The highest level of α -tocopherol in the O/W microemulsion was determined based on its stability after heating at 105 °C for up to 5 hours in an oven. Full cream milk samples with or without the addition of 2 % O/W microemulsion containing α -tocopherol were exposed to fluorescent light at 2000 Lux in a refrigerated display case at 10 °C for up to 8 hours. Another sample of full cream milk was wrapped in aluminum foil to protect from light exposure. The presence of dimethyl disulfide was determined with *headspace*-SPME/SIM GCMS, and sensory test for sunlight flavor was done using triangle test by 18 selected panelists. The result showed that the highest level of α -tocopherol could be incorporated into the O/W microemulsion was 5.000 ppm. The addition of 2 % O/W microemulsion containing α -tocopherol into photo-oxidized full cream milk effectively inhibit the formation of dimethyl disulfide and sunlight flavor.

Keywords: α -Tocopherol, O/W microemulsion, milk, sunlight flavor

PENDAHULUAN

Paparan cahaya merupakan salah satu faktor penting yang menurunkan nilai nutrisi dan mutu sensoris produk susu dan dapat menurunkan penerimaan oleh konsumen (Whited dkk., 2002). Menurut *The Plastic Bottle Institute* di Washington D. C., setengah dari produk susu cair pada wadah plastik dalam lemari pajang terpapar cahaya sedikitnya selama 8 jam (Anonim, 1997). *Off-flavor* pada susu yang terpapar cahaya telah lama dikenal dan diteliti. White dan Bulthaus (1982) melaporkan bahwa 53 dari 90 sampel susu dalam wadah plastik yang dibeli dari toko pengecer bahan makanan mempunyai *off flavor* karena paparan cahaya dengan nilai sedang sampai kuat. Chapman dkk. (2002) melaporkan bahwa *off flavor* susu yang dikemas dengan polietilen densitas tinggi dan dipapar cahaya fluoresens dalam pendingin 6 °C terdeteksi oleh panelis terlatih setelah pemaparan 15 – 30 menit, sementara konsumen mendeteksi setelah pemaparan 54 menit sampai 2 jam.

Sunlight flavor merupakan *off flavor* pada susu karena paparan cahaya yang dicirikan oleh bau terbakar dan teroksidasi karena adanya fotooksidasi yang melibatkan oksigen singlet. Energi dari cahaya diabsorpsi oleh riboflavin, kemudian ditransfer ke oksigen triplet (oksigen yang ada di atmosfer) dan menghasilkan oksigen singlet. Oksigen singlet mengoksidasi metionin pada susu menjadi dimetil disulfida dan menyebabkan munculnya *sunlight flavor* (Gaafar dan Gaber, 1992; Jung dkk., 1998; Skibsted, 2000, Min dan Boff, 2002).

α -Tokoferol merupakan senyawa alami yang memiliki kemampuan sebagai *singlet oxygen quencher* (Kim dkk., 2006; Min dan Boff, 2002), sehingga dapat digunakan untuk menghambat fotooksidasi. Namun α -tokoferol merupakan senyawa hidrofobik sehingga tidak dapat menghambat fotooksidasi metionin yang bersifat larut dalam air. Mikroemulsi minyak dalam air (O/W) akan memfasilitasi α -tokoferol terdispersi lebih baik pada bahan pangan berbasis air seperti susu.

Mikroemulsi adalah dispersi isotropik, stabil secara termodinamis, transparan, mempunyai ukuran partikel berkisar antara 5 - 100 nm, berasal dari pembentukan spontan bagian hidrofobik dan hidrofilik molekul surfaktan. Mikroemulsi tersusun atas air, minyak, dan surfaktan, kadang bersama dengan kosurfaktan (Flanagan dan Singh 2006, Cho dkk., 2008). Perhatian terhadap mikroemulsi sebagai sarana untuk formulasi pangan meningkat terutama karena keunggulan sifat fisikokimianya. Mikroemulsi dapat melarutkan bahan tambahan pangan yang bersifat lipofilik dan hidrofilik dalam jumlah besar (Spernath dkk., 2002). Mikroemulsi O/W dapat meningkatkan kelarutan zat aktif larut minyak, seperti

likopen (Spernath dkk., 2002), lutein (Amar dkk., 2002) dan phitosterol (Spernath dkk., 2003). Keunggulan mikroemulsi lainnya adalah mempunyai tegangan muka sangat rendah, viskositas rendah, preparasi dan penanganannya mudah (Flanagan dan Singh, 2006).

Penelitian sebelumnya telah berhasil membuat mikroemulsi O/W yang stabil menggunakan kombinasi tiga surfaktan non ionik *food grade* (Yuwanti dkk., 2011). Mikroemulsi stabil tersebut selanjutnya digunakan sebagai pembawa α -tokoferol agar dapat menghambat *sunlight flavor* pada susu. Penambahan α -tokoferol ke dalam mikroemulsi O/W meningkatkan proporsi fase minyak pada sistem mikroemulsi, hal ini akan mempengaruhi stabilitas mikroemulsi. Untuk itu perlu dicari konsentrasi penambahan α -tokoferol ke dalam mikroemulsi O/W yang masih dapat mempertahankan stabilitas mikroemulsi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi tertinggi α -tokoferol yang dapat ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W yang masih dapat mempertahankan stabilitas mikroemulsinya dan untuk mengevaluasi kemampuan α -tokoferol dalam mikroemulsi O/W untuk menghambat *sunlight flavor* pada susu *full cream*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *virgin coconut oil* (VCO) dengan angka peroksida: 0,194 meq/kg dan kadar air: 0,18 % diperoleh dari salah satu produsen VCO di Yogyakarta. α -tokoferol, Span 80, dan dimetil-disulfida dari Sigma, Span 40 dari Aldrich, Tween 80 dari Merck, dan susu bubuk instan *full cream* dibeli dari supermarket.

Penambahan α -Tokoferol ke dalam Mikroemulsi O/W

Mikroemulsi O/W dibuat berdasar formula dari penelitian sebelumnya yang menghasilkan mikroemulsi O/W paling stabil (Yuwanti dkk., 2011). Mikroemulsi O/W dibuat dari surfaktan non ionik *food grade*, VCO dan air dengan proporsi 20:4:76 (% b/b). Kombinasi tiga surfaktan non ionik yang digunakan adalah Tween 80, Span 80, dan Span 40 dengan proporsi 90:3,33:6,67 (% b/b). α -Tokoferol dengan berbagai konsentrasi (5.000 – 10.000 ppm) dicampur dengan VCO dan surfaktan, dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 70 °C dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 10 menit. Air ditambahkan dengan cara titrasi dengan tetap dipanaskan dan diaduk hingga total waktu pemanasan 20 menit.

Penentuan Konsentrasi Tertinggi α -Tokoferol dalam Mikroemulsi O/W

Untuk mengetahui konsentrasi tertinggi α -tokoferol yang dapat ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W dilakukan dengan uji stabilitas terhadap panas dengan pengovenan 105 °C selama 5 jam.

Uji Stabilitas Mikroemulsi O/W yang Mengandung α -Tokoferol

Uji stabilitas mikroemulsi O/W yang mengandung α -tokoferol dengan konsentrasi tertinggi dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 8 minggu penyimpanan pada suhu ruang. Uji stabilitas terhadap panas dilakukan dengan pengovenan 105 °C selama 5 jam, pengamatan dilakukan setelah dioven dan 2 minggu setelah dioven. Sebagai pembandingan juga dilakukan pengamatan terhadap mikroemulsi O/W yang tidak ditambah α -tokoferol. Stabilitas yang diamati adalah turbiditas yang diperoleh dari pengukuran absorbansi pada 502 nm. Mikroemulsi O/W dianggap stabil bila turbiditasnya kurang dari 1 %. Persen turbiditas = absorbansi x 2,303 (Choddk., 2008).

Fotooksidasi Susu Full Cream

Susu *full cream* yang digunakan dalam penelitian ini disiapkan dari susu bubuk instan *full cream* ditambah air hangat sesuai saran penyajian yang tercantum dalam label kemasannya (rasio susu *full cream* bubuk dan air adalah 27:185). Susu *full cream* cair didinginkan sampai suhu kamar, kemudian digunakan dalam penelitian. Sepuluh milliliter sampel dimasukkan ke botol serum transparan 20 ml, ditutup rapat dengan tutup karet tabung Venoject Terrumo. Sampel tanpa atau ditambah 2 % mikroemulsi O/W yang mengandung α -tokoferol dipapar cahaya fluorosen 2.000 Lux dalam lemari pajang suhu 10 °C selama 8 jam. Sampel yang lain dibungkus dengan aluminium foil untuk melindungi dari cahaya.

Analisis Dimetil Disulfida

Dimetil disulfida ditangkap dari *headspace* botol serum menggunakan SPME CAR/PDMS 75 μ m seperti yang dilakukan oleh Lee dan Min (2009). Senyawa standar dimetil disulfida dilarutkan dalam susu *full cream* dan ditangkap dengan cara yang sama. Dimetil disulfida yang sudah terperangkap dalam SPME kemudian diinjeksikan ke GC-MS.

GC-2010 Shimadzu dipasangkan dengan GCMS-QP20108S Shimadzu digunakan untuk analisa dimetil disulfida, dengan kolom Rxi-5ms (Restex) sepanjang 30 m, diameter internal 0,25 mm, dan ketebalan film 50 μ m. Sebagai gas pembawa digunakan helium dengan kecepatan 3

mL/menit. Suhu oven dipertahankan 40 °C selama 10 menit dan dinaikkan dari 40 hingga 280 °C dengan kecepatan 10 °C/menit dan dipertahankan selama 25 menit. Suhu injektor 250 °C dan suhu detektor 300 °C. Metode injeksi yang digunakan adalah *splitless*. Senyawa yang terperangkap dalam SPME didesorpsi pada injektor 250 °C selama 2 menit. Konfirmasi dimetil disulfida pada GCMS menggunakan metode SIM (*Selected Ion Monitoring*) dengan masa ion yang dipilih untuk dimetil disulfida adalah $m/z = 94$.

Uji Sensoris Sunlight Flavor pada Susu Full Cream

Delapan belas panelis terseleksi digunakan untuk menguji adanya *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang dipapar cahaya selama 2, 4, 6, dan 8 jam dengan metode *triangle test*. Susu *full cream* yang ditambah 2 % mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol dipapar cahaya 8 jam. Kontrol disiapkan dengan cara yang sama dengan sampel tetapi dibungkus aluminium foil. Satu seri sampel terdiri atas 3 sampel berkode, dua diantaranya sama dan yang satu berbeda. Dua sampel yang sama dapat merupakan sampel yang diperlakukan atau dapat juga kontrol. Panelis diminta untuk membuka tutup botol, didekatkan ke hidung dan dihirup/ dibau 1 – 2 detik. Selang pembauan diantara 2 sampel minimal 5 detik. Panelis diminta untuk menentukan sampel yang berbeda. Namun apabila panelis tidak dapat mendeteksi perbedaan diantara ketiga sampel, panelis dapat memilih jawaban tidak ada perbedaan.

Analisis Statistik

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan acak lengkap. Perlakuan penambahan α -tokoferol ke dalam mikroemulsi O/W diulang 3 kali, sedangkan perlakuan fotooksidasi diulang 2 kali. Data yang diperoleh dari uji stabilitas mikroemulsi O/W tanpa atau ditambah α -tokoferol selama penyimpanan 8 minggu pada suhu kamar dibuat persamaan regresi untuk memperoleh laju peningkatan turbiditas selama penyimpanan. Kemudian *slope* kedua persamaan diuji statistik untuk mengetahui apakah kedua *slope* persamaan berbeda nyata.

Data yang diperoleh dari stabilitas terhadap panas mikroemulsi O/W tanpa atau ditambah α -tokoferol dianalisis dengan Anova, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda nyata ($\alpha = 0.05$). Apabila ada panelis yang menjawab tidak ada perbedaan diantara ketiga sampel pada uji sensoris *sunlight flavor*, maka sepertiga jawaban tidak ada perbedaan digabungkan ke dalam jawaban benar, kemudian dibandingkan dengan tabel yang berisi jumlah minimal panelis yang menjawab benar untuk menentukan signifikansinya (Carpenter dkk., 2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Tertinggi α -Tokoferol yang dapat Ditambahkan ke dalam Mikroemulsi O/W

α -Tokoferol merupakan bahan hidrofobik atau lipofilik, bila ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W berpengaruh terhadap keseimbangan antara fase minyak dan fase air dan akan mempengaruhi stabilitas mikroemulsinya. Untuk mengetahui stabilitas mikroemulsi O/W yang ditambah α -tokoferol dilakukan uji stabilitas terhadap panas dengan pengovenan 105 °C selama 5 jam. Turbiditas awal dan setelah pengovenan 105 °C selama 5 jam mikroemulsi O/W yang ditambah α -tokoferol dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel tersebut tampak bahwa penambahan α -tokoferol 5.000 – 10.000 ppm, pada awalnya menghasilkan turbiditas mikroemulsi < 1 %. Namun pada uji stabilitas terhadap panas, hanya penambahan α -tokoferol 5.000 ppm yang stabil, sedang yang lain terbentuk gel kecil-kecil.

Tabel 1. Turbiditas awal dan setelah pengovenan 105 °C selama 5 jam mikroemulsi O/W yang ditambah α -tokoferol

| Konsentrasi α -tokoferol dalam mikroemulsi O/W | Turbiditas (%) | |
|---|----------------|-------------------------|
| | Awal | Pengovenan 105 °C 5 jam |
| 5.000 ppm | 0,086±0,005 | 0,093±0,001 |
| 6.000 ppm | 0,093±0,006 | * |
| 7.000 ppm | 0,101±0,004 | * |
| 7.500 ppm | 0,108±0,005 | * |
| 10.000 ppm | 0,123±0,004 | * |

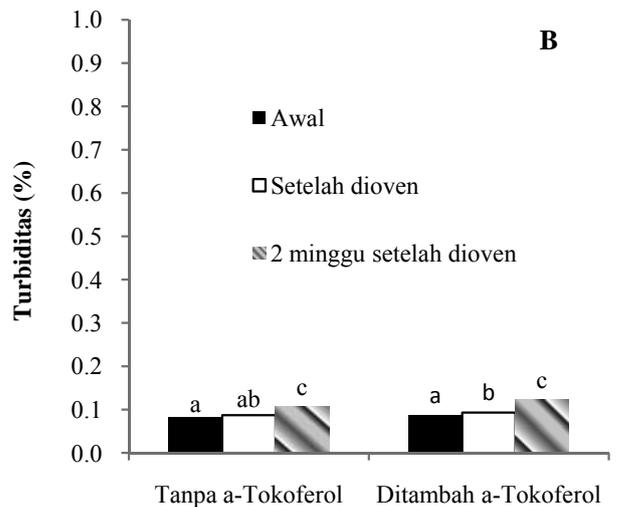
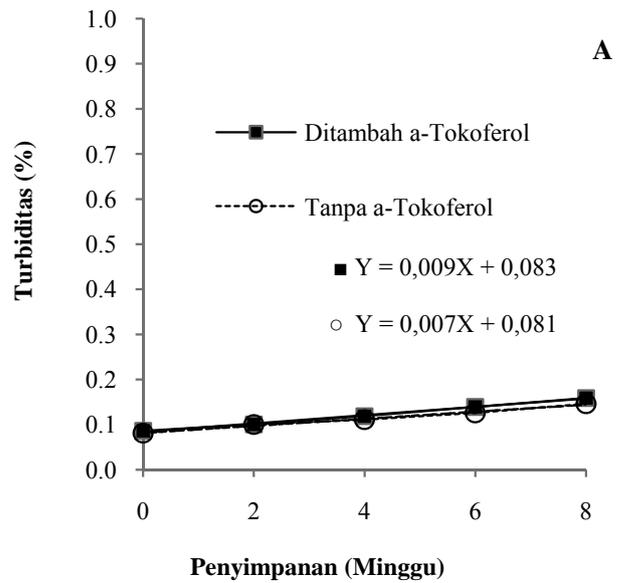
* = terbentuk gel kecil-kecil

Lohateeraparp dkk. (2003) menemui adanya pembentukan gel pada mikroemulsi O/W yang dibuat dengan asam lemak rantai panjang. Gel terbentuk karena asam lemak rantai panjang kurang larut dalam mikroemulsi. Pembentukan gel pada uji stabilitas terhadap pemanasan dalam penelitian ini diduga karena mikroemulsi O/W sudah tidak lagi mampu menjaga keseimbangan distribusi minyak, air dan surfaktan. α -Tokoferol tidak bisa terdistribusi secara merata dalam sistem dan terjadi peningkatan konsentrasi surfaktan pada daerah antar muka sehingga terbentuk gel kecil-kecil. Adanya gel pada pemanasan mengindikasikan ketidakstabilan mikroemulsi O/W. Dengan demikian konsentrasi tertinggi α -tokoferol yang dapat ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W adalah 5.000 ppm.

Stabilitas Mikroemulsi O/W yang Mengandung α -Tokoferol

Stabilitas mikroemulsi O/W tanpa atau ditambah α -tokoferol 5.000 ppm selama penyimpanan suhu kamar

selama 8 minggu dan setelah pengovenan dapat dilihat pada Gambar 1. Peningkatan turbiditas mikroemulsi O/W tanpa α -tokoferol selama penyimpanan pada suhu kamar adalah $Y = 0,007X + 0,081$ dan yang ditambah α -tokoferol 5.000 ppm adalah $Y = 0,009X + 0,083$ (Gambar 1A). Dari uji statistik *slope* kedua persamaan tidak berbeda nyata ($\alpha = 0,05$), hal ini mengindikasikan bahwa penambahan α -tokoferol 5.000 ppm ke mikroemulsi O/W tidak menyebabkan perubahan pada laju peningkatan turbiditas atau dengan kata lain mikroemulsinya tetap stabil.



Gambar 1. Turbiditas mikroemulsi O/W tanpa atau ditambah α -tokoferol 5.000 ppm selama penyimpanan suhu kamar selama 8 minggu (A) dan setelah pengovenan (B)

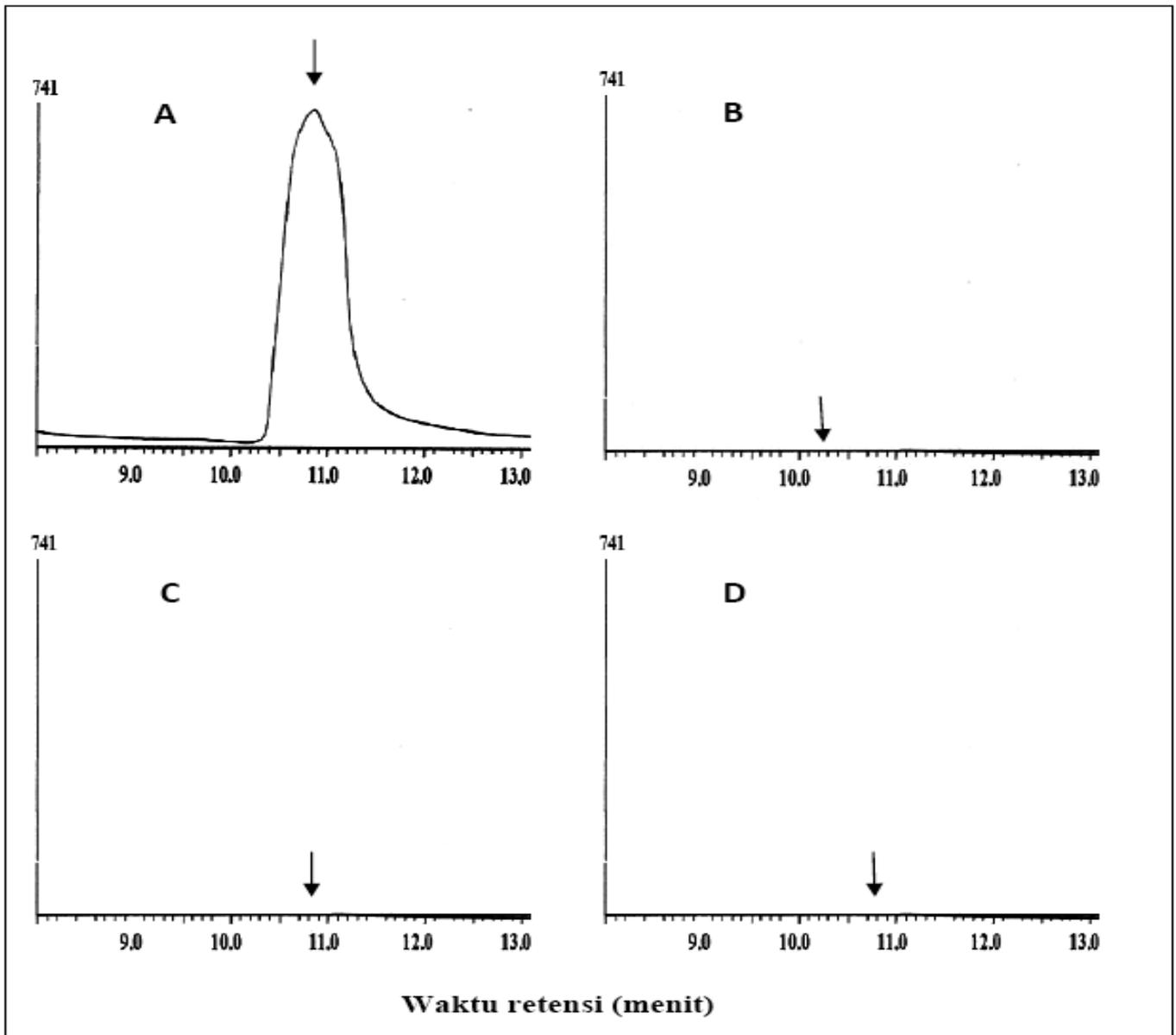
Mikroemulsi O/W tanpa atau ditambah α -tokoferol pada penyimpanan 2 minggu setelah dioven turbiditasnya tidak berbeda nyata, meskipun terjadi peningkatan turbiditas yang signifikan bila dibandingkan dengan setelah dioven (Gambar 1B). Namun demikian mikroemulsi O/W tersebut masih tetap stabil karena turbiditasnya masih jauh di bawah batas stabilitas mikroemulsi O/W yaitu turbiditas 1 %.

Dimetil Disulfida pada Susu Full Cream

Dimetil disulfida merupakan hasil oksidasi dari metionin oleh oksigen singlet (Gaafar dan Gaber, 1992; Jung

dkk., 1998; Skibsted, 2000; Min dan Boff, 2000). Adanya dimetil disulfida pada susu *full cream* mengindikasikan terjadi fotooksidasi dan dapat menyebabkan munculnya *sunlight flavor*. SIM kromatogram dimetil disulfida pada susu *full cream* dapat dilihat pada Gambar 2. Kromatogram A, B, C, dan D merupakan data dari ulangan pertama, ulangan kedua dilakukan untuk konfirmasi keterulangan data ulangan pertama.

Dimetil disulfida terbentuk pada susu *full cream* yang dipapar cahaya fluoresens selama 8 jam (Gambar 2A). Susu *full cream* mengandung metionin dan riboflavin. Energi dari



Gambar 2. SIM kromatogram dimetil disulfida ($m/z = 94$) pada susu *full cream*. A = dipapar cahaya fluoresens 2000 Lux 8 jam, B = 0 jam, C = terlindung dari cahaya, D = dipapar 8 jam, + 2 % mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol

cahaya diabsorpsi oleh riboflavin kemudian ditransfer ke oksigen triplet dan menghasilkan oksigen singlet (Min and Boff, 2002). Oksigen singlet mengoksidasi metionin menjadi dimetil disulfida. Pada Gambar 2B (0 jam) dan 2 C (terlindung dari cahaya) tidak terbentuk dimetil disulfida karena tidak ada cahaya sebagai sumber energi untuk menghasilkan oksigen singlet. Pada Gambar 2D susu *full cream* dipapar cahaya fluoresens selama 8 jam, seharusnya pada kondisi ini terjadi fotooksidasi, namun tidak terbentuk dimetil disulfida. Hal ini karena ada penambahan mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol, α -tokoferol mengkuensing oksigen singlet sehingga dapat menghambat fotooksidasi pada susu *full cream*.

Van Aardt dkk. (2005) menambahkan 0,05 % (500 ppm) α -tokoferol secara langsung ke dalam susu, kemudian dipapar cahaya fluoresens 1.100 – 1.300 Lux pada suhu 4 °C selama 10 jam. Penambahan α -tokoferol secara langsung ke dalam susu tidak mampu menghambat *off flavor* susu. Pada penelitian ini mikroemulsi O/W yang ditambahkan sebanyak 2 %, berarti ke dalam susu *full cream* ada penambahan α -tokoferol 100 ppm. α -Tokoferol dalam mikroemulsi O/W dapat terdispersi dengan baik pada susu *full cream* terutama pada fase kontinyunya sehingga dapat menghambat fotooksidasi metionin pada susu *full cream*. α -Tokoferol dalam mikroemulsi O/W dapat dianggap sebagai cara baru dan efektif untuk menghambat *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang terpapar cahaya.

Sunlight Flavor pada Susu Full Cream

Hasil pengujian sensoris *sunlight flavor* pada susu *full cream* oleh 18 panelis terseleksi dengan metode *triangle test* dapat dilihat pada Tabel 2. Panelis dapat mendeteksi *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang terpapar cahaya 4 jam. Namun demikian panelis tidak dapat mendeteksi *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang terpapar cahaya 8 jam tetapi ditambah mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol. Hasil ini sesuai dengan pengujian secara obyektif pada analisis

dimetil disulfida menggunakan SPME-SIM GCMS, bahwa pada susu *full cream* yang ditambah mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol tidak terbentuk dimetil disulfida.

KESIMPULAN

Mikroemulsi O/W dapat digunakan sebagai pembawa α -tokoferol yang merupakan *singlet oxygen quencher* hidrofobik. Konsentrasi tertinggi α -tokoferol yang dapat ditambahkan ke dalam mikroemulsi O/W adalah 5.000 ppm. Penambahan mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol pada susu *full cream* dapat menghambat pembentukan senyawa dimetil disulfida yang merupakan senyawa penyebab *sunlight flavor*. Hal ini diperkuat oleh hasil pengujian sensoris, panelis sudah dapat mendeteksi *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang dipapar cahaya 4 jam, namun panelis tidak dapat mendeteksi *sunlight flavor* pada susu *full cream* yang dipapar 8 jam dan ditambahkan 2 % mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Dirjen Dikti Kemendiknas yang telah menyediakan dana untuk penelitian ini melalui program Hibah Penelitian Disertasi Doktor tahun 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Amar, I., Aserin, A. dan Garti, N. (2002). Solubilization patterns of lutein and lutein esters in food grade non ionic microemulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 4775-4781.
- Anonim. (1997). *Important Facts about Milk in Plastic Bbottles*. The Plastic Bottle Institute, The Society of the Plastics Industry, Washington, DC.

Tabel 2. Hasil uji sensoris *sunlight flavor* susu *full cream* dengan metode *triangle test* oleh 18 panelis

| Perlakuan | Jawaban benar | Jawaban tidak ada perbedaan | Total jawaban benar | p dan minimal jawaban benar | Tingkat signifikan |
|--|---------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Dipapar sinar 2 jam | 5 | 4 | 6 | p 0,05 =10 | < 95% (Tidak signifikan) |
| Dipapar sinar 4 jam | 10 | - | 10 | p 0,05 =10 | 95% |
| Dipapar sinar 6 jam | 16 | - | 16 | p 0,01 =13 | 99% |
| Dipapar sinar 8 jam | 17 | - | 18 | p 0,01 =13 | 99% |
| Dipapar sinar 8 jam + 2 % mikroemulsi O/W mengandung α -tokoferol | 3 | 6 | 5 | p 0,05 = 10 | < 95% (Tidak signifikan) |

- Carpenter, R.P., Lyon, D.H. dan Hasdell, T.A. (2000). *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*. 2nd ed. Aspen Publ., Maryland.
- Chapman, K.W., Whited, L.J. dan Boor, K.J. (2002). Sensory threshold of light-oxidized flavor defects in milk. *Journal of Food Science* **67** (7): 2770-2773.
- Cho, Y.H., Kim, S., Bae, E.K., Mok, C.K. dan Park, H.J. (2008). Formulation of a cosurfactant-free O/W microemulsion using nonionic surfactant mixtures. *Journal of Food Science* **73** (3): 115 -121.
- Flanagan, J. dan Singh, H. (2006). Microemulsions: a potential delivery system for bioactives in food. *Critical Review in Food Science and Nutrition* **46**: 221-237.
- Gaafar, A.M. dan Gaber, F.L. (1992). Volatile flavor compounds of sunlight-exposed milk. *Egypt Journal Dairy Science* **20**:111-115.
- Jung, M.Y., Yoon, S.H., Lee, H.O. dan Min D.B. (1998). Singlet oxygen and ascorbic acid effects on dimethyl disulfide and off-flavor in skim milk exposed to light. *Journal of Food Science* **63** (3):408-412.
- Kim, H.J., Lee, M.Y. dan Min, D.B. (2006). Singlet oxygen oxidation rates of α -, γ -, and δ -tocopherols. *Journal of Food Science* **71** (8): 465-468.
- Lee J.H. dan Min D.B. (2009). Changes of headspace volatiles in milk with riboflavin photosensitization. *Journal of Food Science* **74** (7): 563-568.
- Lohateeraparp, P., Wilairuengsuwan, P., Saiwan, C., Sabatini, D.A. dan Harwell, H. (2003). Study of alcohol-free microemulsion systems containing fatty acids as cosurfactants. *Journal of Surfactants and Detergents* **6** (1): 15-24.
- Min, D.B. dan Boff, J.M. (2002). Chemistry and reaction of oxygen in foods. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety* **1**: 58-72.
- Skibsted, L.H. (2000). Light-induced changes in dairy products. *Bulletin of the International Dairy Federation* **346**: 4-9.
- Spernath, A., Yaghmur, A., Aserin, A., Hoffman, R.E., dan Garti, N. (2002). Food-grade microemulsions based on nonionic emulsifiers: media to enhance lycopene solubilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**: 6917-6922.
- Spernath, A., Yaghmur, A., Aserin, A., Hoffman, R.E., dan Garti, N. (2003). Self-diffusion nuclear magnetic resonance, microstructure transitions, and solubilization capacity of phytosterol and cholesterol in Winsor IV food-grade microemulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 2359-2364.
- Van Aardt, M., Duncan, S.E., Marcy, J.E., Long, T.E., O'Keefe, S.F. dan Nielsen-Sims, S.R. (2005). Effect of antioxidant (α -tocopherol and ascorbic acid) fortification on light-induced flavor of milk. *Journal of Dairy Science* **88** (3): 872-880.
- White, C.H. dan Bulthaus, M. (1982). Light activated flavor in milk. *Journal of Dairy Science* **65**: 489-493.
- Whited, L.J., Hammond, B.H., Chapman, K.W. dan Boor, K.J. (2002). Vitamin A degradation and light-oxidized flavor defects in milk. *Journal of Dairy Science* **85** (2):351-4.
- Yuwanti, S., Raharjo, S., Hastuti, P. dan Supriyadi. (2011). Formulasi mikroemulsi minyak dalam air (O/W) yang stabil menggunakan kombinasi tiga surfaktan non ionik dengan nilai HLB rendah, tinggi dan sedang. *Agritech* **31** (1): 21-30.