

Komponen Flavor Volatil Tempe yang Dibungkus dengan Daun Pisang dan Plastik

Volatile Flavor Compounds of Tempeh Wrapped With Banana Leaf and Plastic

Rasyid Hanafi Harahap^{1*}, Zulkifli Lubis¹, Jamaran Kaban²

¹Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3, Kampus USU Medan Sumatera Utara 20155, Indonesia

²Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Sumatera Utara, Jl. Bioteknologi No. 1 Kampus USU Medan Sumatera Utara 20155, Indonesia
Email: rasyidhh213@gmail.com

Tanggal submisi: 2 Mei 2017; Tanggal penerimaan: 13 Februari 2018

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen penyusun flavor volatil dan aroma tempe yang dibungkus daun pisang dan plastik pada waktu fermentasi yang berbeda-beda. Tempe yang digunakan sebagai objek penelitian adalah tempe yang dibungkus dengan daun pisang (TD) dengan waktu fermentasi 48 jam (TD1H), 72 jam (TD2H), dan 96 jam (TD3H) dan tempe yang dibungkus plastik (TP) dengan waktu fermentasi 48 jam (TP1H), 72 jam (TP2H), dan 96 jam (TP3H). Ekstraksi sampel tempe menggunakan HS-SPME. Analisis flavor dan deskripsi odor dilakukan dengan menggunakan GC-MS/O. Senyawa flavor tempe yang diperoleh adalah senyawa-senyawa dari golongan ester, terpenoid, alkohol, aldehyd, keton, furan dan senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen. α -pinen hanya ditemukan pada tempe yang dibungkus daun pisang, sedangkan piperazin, *sec*-butil nitrit dan (Z)- α -bisabolen hanya ditemukan pada tempe yang dibungkus plastik saja. Hal ini berarti ada perbedaan komponen penyusun senyawa flavor pada tempe yang dibungkus daun pisang dan plastik.

Kata kunci: Flavor; GC-MS/O; SPME; tempe

ABSTRACT

The objective of the research was to identify volatile flavor compounds and odor description of tempeh wrapped with banana leaf and plastic fermented at different times. The research object was tempeh wrapped with banana leaf (TD) at 48 (TD1H), 72 (TD2H), and 96 hours (TD3H) fermented, and tempeh wrapped with plastic (TP) at 48 (TP1H), 72 (TP2H), and 96 hours (TP3H) fermented. Sample was extracted by SPME. GC-MS/O was used to identify volatile flavor compounds and odor description. The volatile flavor compound found in tempeh were group of ester, terpenoid, alcohol, aldehyde, ketone, furan and nitrogen containing compound. α -pinene was only found in tempeh wrapped with banana leaf, whereas piperazine, *sec*-butyl nitrite and (Z)- α -bisabolene were only found in tempeh wrapped with plastic. This revealed that there was difference flavor compound found in tempeh wrapped with banana leaf and tempeh wrapped with plastic.

Keywords: Flavor; GC-MS/O; SPME; tempeh

PENDAHULUAN

Tempe adalah salah satu makanan tradisional khas Indonesia yang dibuat dari biji kedelai yang diproses melalui proses fermentasi dengan bantuan starter atau lebih dikenal dengan sebutan "ragi tempe". Seiring perkembangannya, saat ini tempe telah dikenal sebagai makanan sehat yang mengandung nutrisi-nutrisi penting untuk kesehatan manusia.

Fermentasi adalah salah satu tahapan terpenting dalam memproduksi tempe yang akan menghasilkan

senyawa-senyawa sederhana yang mudah dicerna. Proses ini juga juga yang menghasilkan senyawa-senyawa yang menyebabkan tempe memiliki rasa dan aroma khas.

Tempe yang banyak dijumpai, khususnya di pasar-pasar tradisional, adalah tempe yang dikemas dengan daun pisang dan plastik. Daun pisang merupakan bahan pembungkus yang banyak digunakan untuk membungkus makanan-makanan tradisional Indonesia. Bahan ini digunakan karena murah dan mudah didapat. Sebelum produk tempe dikenal secara luas, pembuatan tempe selalu menggunakan daun sebagai bahan

pembungkus seperti daun pisang dan daun jati. Hingga pada akhir tahun 1960-an atau awal taun 1970-an pengrajin tempe mulai menggunakan bahan plastik (polietilen) sebagai pembungkus menggantikan daun pisang (Shurtleff & Aoyagi, 1979).

Perkembangan teknologi pembuatan tempe yang semakin luas membuat teknologi tradisional tempe di Indonesia semakin tersingkir. Salah satunya adalah perkembangan penggunaan plastik polietilen sebagai pembungkus. Namun, masyarakat Indonesia masih meyakini bahwa tempe yang dibungkus dengan daun pisang memiliki kualitas yang lebih baik, terutama aroma yang dihasilkan.

Penelitian mengenai komponen pembentuk aroma pada tempe perlu dilakukan seperti yang disarankan oleh Kustyawati, (2009) karena data mengenai senyawa volatil khususnya yang berperan pada aroma tempe masih sangat terbatas (Mei Feng, Ostenfeld Larsen, & Schnürer, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan profil senyawa flavor volatil pada tempe yang dibungkus daun pisang dengan tempe yang dibungkus plastik dengan waktu fermentasi yang berbeda-beda.

METODE PENELITIAN

Sampel tempe dibuat menggunakan kedelai kuning impor, rasi komersial (*merk* RAPRIMA, produksi PT. Aneka Fermentasi Industri, Bandung). Pembuatan tempe diawali dengan penyortiran biji kedelai, setelah itu dilakukan perendaman selama 1 malam. Selanjutnya dilakukan penggilingan untuk membuang kulit biji kedelai. Tahap berikutnya adalah perebusan, penirisan dan inokulasi. Perbandingan inokulum dan kedelai yang digunakan adalah 2 g/kg (berat kering). Tahap berikutnya adalah pembungkusan menggunakan daun pisang dan plastik polietilen. Fermentasi dilakukan selama 48 jam, 72 jam, dan 96 jam.

Sampel tempe yang digunakan adalah sampel tempe yang dibungkus daun pisang dengan waktu fermentasi 48 jam (TD1H), 72 jam (TD2H), 96 jam (TD3H) dan tempe yang dibungkus plastik dengan waktu fermentasi 48 jam (TP1H), 72 jam (TP2H), dan 96 jam (TP3H). Masing-masing sampel tempe dihaluskan (*shredded*) dan 5 g sampel kemudian dimasukkan ke dalam botol vial 20 mL, ditutup rapat dengan septum silikon dan siap untuk dilakukan proses ekstraksi.

Ekstraksi senyawa volatil sampel dilakukan menggunakan alat ekstraksi SPME (Supelco, USA). Prakondisi SPME dilakukan sebelum digunakan untuk ekstraksi dengan cara menempatkan *holder* SPME pada *injection port* GC (Agilent Technologies 7890A, USA) seperti ketika akan mendesorpsi sampel. Suhu *injection port* diatur pada 250 °C. Prakondisi ini bertujuan untuk membersihkan fiber SPME dari senyawa-senyawa yang mungkin saja melekat pada fiber. Optimasi ekstraksi dilakukan dengan mengamati beberapa parameter agar mendapatkan kondisi yang seimbang (*equilibrium*) antara sampel dengan fiber SPME. Parameter-parameter

dimaksud adalah jenis fiber yang berbeda DVB/PDMS dan CAR/PDMS, waktu ekstraksi selama 15, 30, dan 45 menit, serta suhu ekstraksi 40 °C.

Kondisi *equilibrium* diketahui dari kromatogram yang dihasilkan setelah ekstrak sampel diinjeksikan ke GC. Jenis fiber serta kombinasi suhu dan waktu ekstraksi yang menghasilkan pemisahan puncak kromatogram yang lebih baik, maka akan digunakan untuk pemeriksaan sampel. Kondisi GC-MS/O (MS Agilent Technologies 5975C, USA; Olfactometer Gerstel, USA) yang digunakan untuk memperoleh hasil yang optimal adalah sebagai berikut: Suhu injector 250 °C *split less*, gas pembawa helium dengan kecepatan aliran 0,8 mL/menit. Column DB-WAX 30 m × 250 µm × 0,25 µm (Agilent, USA). Suhu awal oven 40 °C dan langsung dinaikkan 5 °C/menit hingga mencapai suhu 200 °C dan ditahan selama 5 menit. Sumber energi ionisasi MS adalah electron ionization (EI) 70 eV dengan scan massa 33–550 amu dan suhu sumber ion 230 °C. MS dilengkapi dengan software library NIST08.L (*Release* 2008, USA). Kondisi GC-MS yang menghasilkan kromatogram dengan pemisahan yang terbaik akan digunakan untuk pemeriksaan sampel. Serangkaian seri alkana juga diinjeksikan untuk digunakan menghitung indeks retensi masing-masing senyawa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Fiber

Dua jenis fiber DVB/PDMS (Sigma-Aldrich, Germany) dan CAR/PDMS (Sigma-Aldrich, Germany) digunakan untuk memperoleh fiber yang memiliki sensitifitas lebih baik pada sampel tempe segar.

Hasilnya diperoleh kromatogram dengan 9 puncak dengan menggunakan fiber DVB/PDMS dan 19 puncak dengan menggunakan fiber CAR/PDMS. Hal ini berarti untuk sampel tempe yang digunakan, fiber CAR/PDMS lebih sensitif dibanding fiber DVB/PDMS.

Waktu dan Suhu Ekstraksi

SPME membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi keseimbangan (*equilibrium*). Waktu ekstraksi yang digunakan untuk memperoleh waktu yang tepat adalah 15, 30, dan 45 menit pada suhu 40 °C.

Puncak yang dihasilkan pada kromatogram dengan lama ekstraksi 15 menit adalah sebanyak 9 puncak. Sedangkan pada kromatogram yang dihasilkan dengan lama ekstraksi 30 dan 45 menit masing-masing adalah 15 dan 19 puncak. Dari data ini maka lama ekstraksi 45 menit merupakan waktu yang lebih tepat untuk sampel tempe segar.

Optimasi Kolom

Kolom sangat menentukan dalam pemisahan senyawa oleh GC. Untuk memperoleh kolom yang tepat dan lebih sensitif terhadap sampel tempe segar, digunakan dua jenis kolom yaitu DB-WAX dan HP-5MS 30 m x 250 µm x 0.25 µm (Agilent, USA).

Puncak kromatogram yang dihasilkan dengan menggunakan kolom DB-WAX sebanyak 39 sedangkan puncak kromatogram yang dihasilkan dengan menggunakan kolom HP-5MS sebanyak 31. Hal ini berarti kolom DB-WAX lebih sensitif dibanding dengan kolom HP-5MS, sehingga akan digunakan sebagai kolom dalam analisis sampel.

Hasil Analisis Flavor

Hasil analisis senyawa flavor tempe disajikan pada Tabel 1. Komponen flavor tempe terdiri dari senyawa golongan ester, terpenoid, alkohol, aldehid, keton, furan, dan senyawa-senyawa mengandung nitrogen.

Golongan Ester

Ada tiga senyawa dari golongan ester yang ditemukan pada sampel tempe yaitu metil 3-metilbutanoat, etil 3-metilbutanoat dan etil fenilasetat. Berdasarkan luas areanya, metil 3-metilbutanoat dan etil 3-metilbutanoat berperan penting dalam memberikan aroma tempe pada TD1H dan TP1H, sedangkan ethyl fenilasetat tidak memiliki area yang luas.

Luas area metil 3-metilbutanoat pada TD1H adalah 2,51%, pada TP1H luas areanya lebih besar yaitu 6,34%. Etil 3-metilbutanoat pada TD1H memiliki luas area 3,72% dan 2,34% pada TP1H. Pada produk hasil fermentasi, ester diproduksi oleh kapang melalui reaksi esterifikasi antara asam organik hasil metabolisme asam lemak dengan alkohol (Liu, Miao, Guan, & Sun, 2012) dan pematangan (*aging*) (Fan & Qian, 2005). Reaksi ini dikatalisis oleh enzim alkohol karboksilesterase dan arylesterase (Carballo, 2012).

Pada penelitian sebelumnya dilaporkan bahwa senyawa golongan ester tidak berperan dalam pembentukan flavor tempe (Jeleń, Majcher, Ginja, & Kuligowski, 2013), sedangkan Apriyantono, Nurkori, Nurjanah, & Satiawihardja (2001) menemukan adanya senyawa golongan ester dalam pembentukan flavor tempe namun tidak menemukan metil 3-metilbutanoat, etil 3-metilbutanoat maupun etil fenilasetat. Perbedaan ini mungkin saja terjadi karena perbedaan starter yang digunakan (Supriyanto, Wada, Hayakawa, & Fujio, 1991).

Golongan Terpenoid

Senyawa golongan terpenoid mendominasi flavor pada sampel tempe yang diuji. Sebelas jenis senyawa dari golongan ini ditemukan, antara lain adalah α -pinen, 1,8-sineol, 9-metiltetrasiklo[7.3.1.0(2.7).1 (7.11)]tetradecan, α -kubeben, α -gurjunen, sitronellal, α -longipinen, karyopilen, α -terpineol, (Z)- α -bisabolen dan azulen.

Diantara senyawa-senyawa ditemukan tersebut α -kubeben, α -gurjunen, α -longipinen dan karyopilen merupakan senyawa-senyawa yang memiliki area yang paling luas. Sedangkan α -pinen menjadi pembeda antara TD dan TP karena hanya dijumpai pada sampel TD1H. Karyopilen yang pada tempe sebelumnya juga dilaporkan oleh Apriyantono et al., (2001).

Terpenoid merupakan komponen utama dari minyak atsiri yang didefinisikan sebagai senyawa metabolit

sekunder yang terbentuk dari unit-unit isopren (2-metil-1,3 buten). Di alam, terpenoid dibentuk dari penggabungan isopentenil difosfat (IPP) dan dimetilallil difosfat (DMAPP) yang diturunkan dari metabolisme asam asetat melalui jalur asam mevalonat.

Golongan Alkohol

Golongan alkohol yang ditemukan dari hasil analisis yaitu 2-metilpropanol, 3-metilbutanol, 1-heksanol, 1-octen-3-ol, 2-metoksi-4-metilfenol dan 2-feniletanol. Senyawa yang sama juga dilaporkan oleh Apriyantono et al., (2001). 3-metilbutanol juga ditemukan Jeleń et al., (2013) pada tempe umur 5 hari dengan nilai OAV (*odor activity value*) < 1 (sangat kecil). Konsentrasi suatu senyawa berbanding lurus dengan nilai OAV-nya, karena nilai OAV diperoleh dari pembagian antara konsentrasi senyawa dengan konsentrasi *threshold*-nya. Hal ini berarti bahwa nilai OAV dapat dihitung jika konsentrasi senyawa diketahui. Sedangkan dalam penelitian ini konsentrasi senyawa diketahui secara kualitatif berdasarkan luas areanya, sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk dapat menentukan nilai OAV.

Golongan Aldehid dan Keton

Golongan aldehid yang ditemukan adalah (E)-tridec-2-enal dan fenilasetaldehid, sedangkan golongan keton yang ditemukan adalah octan-3-on dan 2,3-dihidro-7-metoksi-4-metil-1H-1,5-benzodiazepin-2-on. Sesuai dengan jalur proteolisis dan glikolisis, diketahui bahwa aldehid dihasilkan melalui jalur proteolisis dan lipolysis, sedangkan keton dihasilkan melalui jalur lipolysis. Beberapa senyawa keton seperti aseton, 2-butanon, dan 2,3-butanon dihasilkan dari piruvat yang dihasilkan dari jalur glikolisis (Carballo, 2012).

Golongan Furan

Senyawa dari golongan furan yang ditemukan pada penelitian ini adalah 2-pentilfuran. Senyawa ini juga ditemukan oleh Apriyantono et al., (2001). Senyawa golongan furan ini dikategorikan sebagai karsinogen, sehingga menjadi perhatian para peneliti bahkan pemerintah untuk melakukan identifikasi lebih mendalam (Vranová & Ciesarová, 2009).

Furan dibentuk dari hasil oksidasi asam lemak selama proses pemanasan (Elmore, Campo, Enser, & Mottram, 2002), reaksi *maillard*, degradasi asam amino, oksidasi asam askorbat (Yaylayan, 2006) ataupun merupakan hasil iradiasi (Vranová & Ciesarová, 2009). Van Ba, Ryu, & Inho (2012) melaporkan bahwa 2-pentilfuran berasal dari asam lemak C18:3n3.

Sangat sedikit catatan mengenai terbentuknya furan pada produk-produk fermentasi. Dalam laporan Apriyantono et al., (2001) diketahui bahwa furan terdeteksi pada tempe yang difermentasi selama 48 jam. Dalam penelitian ini furan dalam bentuk 2-pentilfuran ditemukan pada seluruh sampel. Berdasarkan luas areanya, 2-pentilfuran lebih dominan pada tempe yang

dibungkus daun, utamanya pada tempe dengan waktu fermentasi 72 jam.

Golongan Senyawa Mengandung Nitrogen

Prekursor senyawa mengandung nitrogen adalah asam-asam amino hasil pemecahan dari protein. *Sec*-butil

nitrit, 2,4-dimetilamfetamin dan piperazin ditemukan dalam penelitian ini. Belum ada laporan mengenai kedua senyawa ini pada produk tempe. Senyawa mengandung nitrogen yang dilaporkan Jeleń et al., (2013) adalah 2-asetil-1-pirrolin dengan konsentrasi yang rendah yaitu 14 µg/kg pada tempe segar umur 1 hari.

Tabel 1. Senyawa-senyawa penyusun flavor tempe

No.	Senyawa	Dasar penentuan	RI Hasil	RI Literatur	Area (%)						Deskripsi aroma
					TD1H	TD2H	TD3H	TP1H	TP2H	TP3H	
1.	Metil 3-metilbutanoat	MS	1027, 1030, 1034	1035 ^d	2,51	0,57	Nd	6,34	Nd	Nd	Green, bean
2.	α-pinen	MS, RIL	1035	1035 ^{a,d}	4,01	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Salty, bean
3.	Etil 3-metilbutanoat	MS	1071, 1072	1042 ^c	3,72	0,86	Nd	2,34	Nd	Nd	Acid, sour
4.	2-metilpropanol	MS, RIL	1103, 1104, 1105	1103 ^a	Nd	0,97	5,95	Nd	0,98	1,43	Sweet, cereal
5.	3-metilbutanol	MS	1216, 1217, 1218	1208 ^a , 1210 ^c	14,36	31,29	57,64	7,06	21,91	46,90	Cereal, green
6.	1,8-sineol	RIL	1225	1224 ^b	1,46	Nd	Nd	0,89	Nd	Nd	Sour
7.	2-pentilfuran	MS	1232, 1233, 1235, 1236, 1237, 1238, 1245	1226 ^e	2,30	3,56	1,71	1,45	0,54	1,20	Cereal
8.	Piperazin	MS	1260		Nd	Nd	Nd	Nd	0,51	Nd	Tidak terdeteksi
9.	Octan-3-on	MS	1263, 1264, 1265, 1266, 1270, 1271	1251 ^f	13,28	6,97	2,95	16,18	6,47	7,13	
10.	<i>Sec</i> -butil nitrit	MS	1307		Nd	Nd	Nd	1,22	Nd	0,63	Cereal
11.	Unknown	-	1349	-	0,71	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Tidak terdeteksi
12.	1-heksanol	MS, RIL	1360, 1361, 1362	1362 ^{a,c}	1,25	1,29	0,81	Nd	0,73	0,74	Sour, creamy
13.	9-metiltetrasiklo [7.3.1.0(2.7).1(7.11)]tetradecan	MS	1385, 1386, 1388, 1389, 1393		0,63	0,72	Nd	0,89	1,30	0,54	Earthy
14.	Unknown	-	1448, 1449		Nd	Nd	Nd	0,33	0,13	Nd	Tidak terdeteksi
15.	1-octen-3-ol	MS	1454, 1455, 1456	1448 ^e , 1465 ^b	0,75	0,47	Nd	1,33	1,20	0,68	Salty, bean
16.	α-kubeben	RIL	1460, 1462, 1463	1463 ^h	1,96	2,59	1,71	1,06	2,09	1,08	Salty, bean
17.	α-gurjunen	MS	1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1473, 1474	1529 ^g	5,30	4,67	3,08	4,89	5,10	3,54	Salty, bean
18.	Sitronellal	RIL	1492, 1493, 1494, 1495	1492 ^a	0,63	0,97	Nd	0,83	1,08	0,74	Bean, creamy
19.	α-longipinen	MS	1518, 1519, 1520, 1521	1469 ^g	1,54	1,62	0,60	1,78	2,31	1,45	Sour, yeast
20.	Unknown	-	1530		Nd	Nd	Nd	Nd	0,57	0,56	Sour
21.	2,3-dihidro- 7-metoksi- 4 -metil-1H- 1,5-benzodiazepin- 2-on	MS	1547, 1549, 1550, 1551		10,02	9,23	5,91	11,29	10,75	7,27	Creamy, sour
22.	Unknown	-	1569		Nd	Nd	Nd	Nd	0,63	Nd	Tidak terdeteksi
23.	Unknown	-	1609		Nd	Nd	Nd	Nd	0,38	Nd	Tidak terdeteksi
24.	Karyopilen	MS	1626, 1628, 1629, 1630	1618 ^b , 1641 ^d	32,90	28,59	19,64	38,38	36,02	23,72	
25.	2,4-dimetilamfetamin	MS	1644, 1645, 1646		1,38	0,86	Nd	1,50	0,98	0,66	Green
26.	Fenilasetaldehid	RIL	1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1663	1650 ^a	0,87	0,61	Nd	0,78	1,78	0,57	Green, sour
27.	α-terpineol	RIL	1700, 1702	1700 ^a	0,42	0,47	Nd	0,56	Nd	Nd	Sweet, green
28.	(Z)-α-bisabolen	MS	1703	1740 ^g	Nd	Nd	Nd	Nd	0,57	0,46	Green, unpleasant
29.	Unknown	-	1746		Nd	Nd	Nd	0,95	0,25		Tidak terdeteksi
30.	(E)-tridec-2-enal	MS	1772, 1773		Nd	0,36	Nd	Nd	0,89	0,57	Bean, sweet
31.	Azulen	MS	1778		Nd	0,29	Nd	Nd	0,63	Nd	Sour, sweet
32.	Etil fenilasetat	RIL	1785, 1786	1785 ^a	Nd	0,40	Nd	Nd	0,76	0,31	Earthy, sour
33.	Unknown		1899		Nd	0,40	Nd	Nd	Nd	Nd	Tidak terdeteksi
34.	2-feniletanol	MS	1937	1904 ^g	Nd	1,19	Nd	Nd	0,67	Nd	Bean, cooked bean
35.	2-methoksi-4-methylphenol	MS	1980, 1981	1954 ^g	Nd	1,08	Nd	Nd	0,76	0,57	Sour, creamy

^a Goodner, 2008

^b Högnadóttir & Rouseff, 2003

^c Fan & Qian, 2005

^d Rouseff, Onagbola, Smoot, & Stelinski, 2008

^e Buttery, Orts, Takeoka, & Nam, 1999

^f Bianchi, Careri, Mangia, & Musci, 2007

^g Babushok, Linstrom, & Zenkevich, 2011

^h Choi, 2003

Berdasarkan hasil ini diketahui bahwa komponen utama flavor yang dihasilkan pada tempe yang dibungkus daun pisang dan plastik memiliki kesamaan. Perbedaannya terjadi pada konsentrasi senyawa yang dihasilkan, namun tidak jauh berbeda. Konsentrasi yang dimaksud bersifat kualitatif berdasarkan pada luas area pada masing-masing kromatogram. Penelitian lebih lanjut mengenai perbedaan konsentrasi ini diperlukan untuk mengetahui penyebabnya.

Yaakob et al., (2011) menyebutkan bahwa suhu fermentasi, waktu fermentasi dan starter yang digunakan merupakan hal yang penting selama proses fermentasi. Suhu fermentasi akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim yang dihasilkan selama proses fermentasi. Pada penelitian ini tidak ada perbedaan suhu fermentasi, karena fermentasi terjadi pada ruang khusus fermentasi. Namun demikian, perbedaan suhu internal tempe selama fermentasi dapat saja terjadi karena perbedaan kemasan yang digunakan. Daun pisang dapat menyerap panas dan mentransfer panas, sedangkan plastik tidak demikian. Sehingga diperlukan penelitian lebih mendalam mengenai hal ini.

Dilihat dari komponen utama penyusun flavor, penggunaan bahan pembungkus yang berbeda juga tidak memberikan perbedaan terhadap pembentukan flavor. Komponen utama flavor tempe yang dibungkus daun pisang maupun plastik disusun oleh 3-metilbutanol, octan-3-on, α -gurjunen, 2,3-dihidro-7-metoksi-4-metil-1H-1,5-benzodiazepin-2-on dan karyopilen.

KESIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh bahwa komponen flavor tempe disusun oleh golongan ester, terpenoid, alkohol, aldehyd, keton, furan dan senyawa mengandung nitrogen. Komponen flavor utama yang dihasilkan pada produk tempe adalah 3-metilbutanol, 3-octanon, α -gurjunen, 2,3-dihidro-7-metoksi-4-metil-1H-1,5-benzodiazepin-2-on dan karyopilen. Ada perbedaan senyawa-senyawa yang terbentuk pada tempe yang dibungkus daun pisang dan plastik yaitu α -pinen hanya ditemukan pada tempe yang dibungkus daun pisang saja sedangkan piperazin, *sec*-butil nitrit dan (Z)- α -bisabolen hanya ditemukan pada tempe yang dibungkus plastik saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono, A., Nurkori, Nurjanah, S., & Satiawihardja, B. (2001). Food Flavors and Chemistry. In A. M. Spanier, F. Shahidi, T. H. Parilment, C. Mussinan, C.-T. Ho, & E. T. Contis (Eds.), *Food Flavors and Chemistry Advances of the New Millennium* (pp. 171–182). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Babushok, V. I., Linstrom, P. J., & Zenkevich, I. G. (2011). Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 40(4). <https://doi.org/10.1063/1.3653552>
- Bianchi, F., Careri, M., Mangia, A., & Musci, M. (2007). Retention indices in the analysis of food aroma volatile compounds in temperature-programmed gas chromatography: Database creation and evaluation of precision and robustness. *Journal of Separation Science*, 30(4), 563–572. <https://doi.org/10.1002/jssc.200600393>
- Buttery, R. G., Orts, W. J., Takeoka, G. R., & Nam, Y. (1999). Volatile flavor components of rice cakes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4353–4356. <https://doi.org/10.1021/jf990140w>
- Carballo, J. (2012). The Role of Fermentation Reaction in the Generation of Flavor and Aroma of foods. In B. M. Mehta, A. Kamal-Eldin, & R. Z. Iwanski (Eds.), *Book Fermentation Effects on Food Properties* (pp. 51–88). New York: CRC Press.
- Choi, H.-S. (2003). Character impact odorants of Citrus hallabong (Citrus unshiu Marcov x Citrus sinensis Osbeck) x C. reticulata Blanco cold pressed peel oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(9), 2687–2692. <https://doi.org/10.1021/jf021069o>
- Elmore, J. S., Campo, M. M., Enser, M., & Mottram, D. S. (2002). Effect of lipid composition on meat-like model systems containing cysteine, ribose, and polyunsaturated fatty acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(5), 1126–1132. <https://doi.org/10.1021/jf0108718>
- Fan, W., & Qian, M. C. (2005). Headspace solid phase microextraction and gas chromatography-olfactometry dilution analysis of young and aged Chinese “Yanghe Daqu” liquors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7931–7938. <https://doi.org/10.1021/jf051011k>
- Goodner, K. L. (2008). Practical retention index models of OV-101, DB-1, DB-5, and DB-Wax for flavor and fragrance compounds. *LWT - Food Science and Technology*, 41(6), 951–958. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.007>
- Högnadóttir, Á., & Rouseff, R. L. (2003). Identification of aroma active compounds in orange essence oil using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 998(1–2), 201–211. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00524-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00524-7)
- Jeleń, H., Majcher, M., Ginja, A., & Kuligowski, M. (2013). Determination of compounds responsible for tempeh aroma. *Food Chemistry*, 141(1), 459–465. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.047>
- Kustyawati, M. E. (2009). Kajian peran yeast dalam pembuatan tempe. *Agritech*, 29(2), 64–70.
- Liu, Y., Miao, Z., Guan, W., & Sun, B. (2012). Analysis of organic volatile flavor compounds in fermented stinky tofu using SPME with different fiber coatings. *Molecules*, 17(4), 3708–3722. <https://doi.org/10.3390/molecules17043708>
- Mei Feng, X., Ostenfeld Larsen, T., & Schnürer, J. (2007). Production of volatile compounds by Rhizopus oligosporus during soybean and barley tempeh fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 113(2), 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.06.025>
- Rouseff, R. L., Onagbola, E. O., Smoot, J. M., & Stelinski, L. L. (2008). Sulfur volatiles in guava (Psidium guajava L.) leaves: Possible defense mechanism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 8905–8910. <https://doi.org/10.1021/jf801735v>
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (1979). *The Book of Tempeh*. New York: Harper and Row Publishers.
- Supriyanto, Wada, K., Hayakawa, I., & Fujio, Y. (1991). Principal Component Analysis of Aroma Profiles of Tempeh Produced by Using Various Starters. *Hakkokogaku*, 69, 331–336.
- Van Ba, H., Ryu, K. S., & Inho, H. (2012). Flavor characteristics of Hanwoo beef in comparison with other Korean foods.

- Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(3), 435–446. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11286>
- Vranová, J., & Ciesarová, Z. (2009). Furan in food - A review. *Czech Journal of Food Sciences*.
- Yaakob, H., Malek, R. A., Misson, M., Jalil, M. F. A., Sarmidi, M. R., & Aziz, R. (2011). Optimization of isoflavone production from fermented soybean using response surface methodology. *Food Science and Biotechnology*, 20(6), 1525–1531. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0211-6>
- Yaylayan, V. A. (2006). Precursors, formation and determination of furan in food. *Journal Fur Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 1(1), 5–9. <https://doi.org/10.1007/s00003-006-0003-8>