Pembentukan *Flavor* Daging Unggas oleh Proses Pemanasan dan Oksidasi Lipida

Maijon Purba

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002
maijonpurba@gmail.com

(Diterima 16 April 2014 – Direvisi 4 Agustus 2014 – Disetujui 25 Agustus 2014)

ABSTRAK

Flavor adalah salah satu faktor penting dalam penerimaan suatu makanan. *Flavor* daging unggas secara alami terbentuk melalui proses tertentu, misalnya pemanasan, dimana berbagai reaksi kimia kompleks yang terjadi antara prekursor nonvolatil dari jaringan lemak maupun jaringan tanpa lemak (*lean*). Komponen *flavor* utama daging olahan berupa komponen volatil dan nonvolatil mempunyai pengaruh besar terhadap penerimaan daging olahan, terutama terhadap rasa (*taste*). Penghilangan komponen bersulfur dapat menyebabkan penurunan *flavor* pada daging (*meaty*), sedangkan penghilangan komponen karbonil akan menyebabkan penurunan *flavor* khasnya dan peningkatan *flavor* secara umum pada daging. Daging unggas cenderung memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi sehingga mudah terjadi oksidasi lipida. Oksidasi lipida pada daging unggas sebagai pertanda bahwa daging tersebut mengalami kerusakan dan menimbulkan *off odor*. Untuk menghambat oksidasi lemak pada daging dapat dilakukan dengan penambahan antioksidan dalam pakan. Interaksi lipida bersama protein dan karbohidrat tidak dapat dihindari selama proses pengolahan makanan, khususnya dengan perlakuan pemanasan sehingga dapat memunculkan komponen volatilnya. Reaksi utama yang terjadi dalam mekanisme pembentukan *flavor* daging adalah reaksi *Maillard* disertai degradasi *Stecker* dan degradasi lipida dan tiamin. Ketiganya banyak melibatkan reaksi antara komponen karbonil dan amin membentuk senyawa aroma yang meningkatkan *flavor* pada daging unggas.

Kata kunci: *Flavor*, *off flavor*, daging unggas, oksidasi lipida, antioksidan

ABSTRACT

Formation of Poultry Meat Flavor by Heating Process and Lipid Oxidation

Flavor is an important factor in the acceptance of food. Flavor of poultry meat is naturally formed through a specific process of heating, where various chemical reactions complex occurred among nonvolatile precursors in fatty tissue or in lean tissue. The main flavor in the form of volatile and nonvolatile components play a major influence on the acceptance of various processed meat, especially the taste. Removal of sulfur components decreases meat flavor (*meaty*), while removal of carbonyl compounds decrease the specific flavor and increases common flavor of the meat. Poultry meat has a fairly high fat content that easily generates lipid oxidation. Lipid oxidation in poultry meat is a sign that the meat was damaged and caused off odor. Addition of antioxidants in the diet can inhibit lipid oxidation in the meat. Lipids interaction with proteins and carbohydrates is unavoidable during the thermal processing of food, causing the appearance of volatile components. The main reaction in meat flavor formation mechanism is Maillard reaction followed by Stecker reaction and degradation of lipids and thiamine. They involve in the reaction between carbonyl and amine components to form flavor compounds, which enhance the flavor of poultry meat.

Key words: Flavor, off flavor, poultry meat, lipid oxidation, antioxidant

PENDAHULUAN

Daging unggas merupakan salah satu sumber protein makanan yang banyak tersedia di pasar dengan harga yang cukup terjangkau bagi kebanyakan rakyat di Indonesia. Daging unggas misalnya daging ayam dan daging itik harganya lebih murah dari daging sapi dan masing-masing mempunyai *flavor* yang khas. *Flavor* adalah keseluruhan kesan (sensasi) yang diterima oleh indra manusia terutama oleh rasa dan bau pada saat makanan dan minuman dikonsumsi (Rothe 1989).

Flavor dan aroma merupakan faktor yang sangat penting dalam penerimaan suatu makanan (Rothe 1989; deMan 1997). Reineccius (1994) menyarankan bahwa perlu suatu usaha pemahaman bagaimana mekanisme pembentukan serta jenis komponen volatilnya dalam bahan pangan agar menghasilkan *flavor* yang disukai.

Flavor pada daging unggas dapat dibentuk melalui proses tertentu misalnya pemanasan, dimana berbagai reaksi kimia yang kompleks terjadi antara prekursor nonvolatil dari jaringan lemak maupun jaringan tanpa lemak (*lean*). Joo & Kim (2011)

menyatakan bahwa *flavor* utama daging olahan berupa komponen-komponen volatil maupun nonvolatil berpengaruh besar terhadap penerimaan daging olahan, terutama terhadap rasa (*taste*). Penghilangan komponen bersulfur menurut Mottram (1991) dapat menyebabkan penurunan *flavor* pada daging (*meaty*), sedangkan penghilangan komponen karbonil akan menyebabkan penurunan *flavor* khasnya dan peningkatan *flavor* secara umum pada daging. Komponen karbonil sebagai hasil produk utama degradasi lipida merupakan pembentuk *flavor* khas pada daging ayam (Mottram 1991).

Komposisi *flavor* pada daging itik sejauh ini belum banyak dilaporkan, berbeda halnya pada daging ayam. Werkhoff et al. (1993) menyatakan bahwa walaupun komposisi *flavor* daging ayam telah cukup banyak dilaporkan, akan tetapi mekanisme pembentukan *flavor* tersebut informasinya masih relatif sedikit. Reaksi utama yang terjadi dalam mekanisme pembentukan *flavor* pada daging adalah reaksi *Maillard* disertai degradasi *Stecker* dan degradasi lipida, selain itu terjadi pula degradasi tiamin (Werkhoff et al. 1993). Reaksi-reaksi tersebut menurut Wu & Liou (1992) banyak melibatkan reaksi antara komponen karbonil dan amin.

Perhatian para peneliti di bidang kimia pangan diarahkan pada peranan lipida dalam pembentukan *flavor* daging, terutama interaksinya dengan reaksi *Maillard* (Mottram 1998). Informasi peranan lipida dalam pembentukan *flavor* masih terbatas dan perbedaan tipe lipida diduga menghasilkan perbedaan profil komponen aromanya (Mottram 1998). Pembentukan *flavor* pada daging selama pemanasan dapat menunjukkan prekursoranya. Penambahan suatu prekursor yang diduga memiliki kontribusi dalam pembentukan *flavor* pada daging unggas maka dapat diidentifikasi perbedaan komponen volatil yang dihasilkan dibandingkan dengan tanpa penambahan prekursor tersebut. Penyertaan antioksidan alami dan sintetis sebagai bahan imbuhan dalam pakan ternak merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas daging, khususnya daging unggas.

Seiring dengan semakin selektifnya permintaan masyarakat terhadap daging unggas, pendekatan teknologi pakan untuk menghasilkan *flavor* daging ayam maupun itik yang disukai oleh masyarakat perlu ditingkatkan dan dikembangkan. Penggunaan antioksidan sebagai pakan imbuhan dapat dimanfaatkan untuk mencegah oksidasi lipida yang mengakibatkan *off odor* pada daging. Penambahan antioksidan dengan dosis yang relatif rendah dalam pakan mampu bekerja secara efektif untuk memperpanjang masa penyimpanan daging serta menghambat terjadinya reaksi oksidasi lipida.

Makalah ini menguraikan tentang proses terbentuknya *flavor*, *off flavor/off odor* pada daging

unggas, jenis komponen-komponen volatil yang ada di dalamnya serta upaya pencegahannya.

PROSES TERBENTUKNYA FLAVOR

Proses terbentuknya *flavor* pada beberapa jenis bahan pangan dikelompokkan menjadi empat bagian, yaitu: (1) *Flavor* yang secara alami terdapat dalam bahan pangan; (2) *Flavor* yang dibentuk secara enzimatis setelah bahan pangan dipanen; (3) *Flavor* yang dibentuk melalui proses pengolahan atau penyimpanan; dan (4) *Flavor* yang ditambahkan ke dalam bahan pangan baik berupa *flavor* alami, identik alami maupun *artificial*. Kebanyakan makanan segar mengandung komponen *flavor* yang terdapat secara alami sebelum dipanen, misalnya daging dan ikan segar, susu, sayuran dan rempah-rempah (Heath & Reineccius 1986). Setelah dipanen atau mati/dilayukan, beberapa enzim akan mengkonversi komponen-komponen makro bahan pangan menjadi komponen *flavor* seperti pembentukan ester, alkohol, aldehida dan produk-produk degradasi lipida dalam daging dan ikan selama penyimpanan. Banyak pula komponen *flavor* yang terbentuk selama proses pengolahan bahan pangan, khususnya aplikasi pemanasan seperti perebusan, pemanggangan, penggorengan, pengalengan, ekstrusi dan pasteurisasi, bahkan beberapa diantaranya dapat dibentuk melalui fermentasi.

Aliani & Farmer (2005) melaporkan bahwa reaksi kimia selama perebusan menghasilkan banyak substansi kimia volatil yang memberikan aroma, *flavor* terhadap daging. Maarse (1993) melaporkan bahwa sekitar 5.800 senyawa telah diidentifikasi dari 300 jenis bahan pangan dan produk olahannya. Jumlah senyawa volatil dalam daging sapi sebanyak 486 sedangkan pada ayam 381 senyawa (Maarse 1993). *Flavor* alami merupakan senyawa-senyawa yang diekstrak dari bahan-bahan yang terdapat di alam, contohnya: *vanillin*, *orange oil* dan *celery oil*. *Flavor* yang terbentuk secara enzimatis maupun dengan proses pemanasan dihasilkan melalui interaksi prekursor-prekursor di dalam bahan pangan, khususnya reaksi antara karbohidrat dengan asam amino dan degradasi lipida (Van et al. 2012; Jayasena et al. 2013), ataupun melalui fermentasi yang banyak melibatkan enzim-enzim *endogenous*. Peptida dan oligosakarida didegradasi menjadi asam amino dan mono/disakarida dimana keduanya akan mengalami reaksi-reaksi yang kompleks selama pemanasan (Aliani & Farmer 2005).

Flavor yang ditambahkan ke dalam bahan pangan adalah berupa *flavor* alami, identik alami maupun *artificial*. Suatu bahan disebut *natural identical* apabila prosesnya dilakukan secara sintetis kimiawi dan sedikitnya 99% sama dengan bahan aslinya, misalnya etil asetat dan laktone (Winarno 2002). Umumnya,

flavor yang dibuat dari bahan ini lebih murah dibandingkan dengan *natural*. *Artificial flavor* merupakan senyawa yang tidak terdapat di alam dan hanya dapat dibuat melalui proses sintesis tetapi dapat memberikan efek *flavor* tertentu. Sebagai contoh adalah senyawa *ethyl vanillin* yang mempunyai struktur dan *flavor* yang hampir sama dengan *vanillin*, tetapi sampai saat ini belum ditemukan secara alami (Winarno 2002). Bahan-bahan dasar *flavor* biasanya mempunyai satu atau lebih sifat-sifat yakni mempunyai konsentrasi yang tinggi, volatil, dapat larut atau berinteraksi dengan air dan mudah teroksidasi (Jayasena et al. 2013). Bahan-bahan penyusun *flavor* biasanya dilarutkan dalam pelarut netral untuk memudahkan penggunaannya. Pelarut yang umum digunakan adalah air, *triacetin*, etanol, minyak, propilen glikol, gliserol dan isopropanol (Mottram 1998).

PREKURSOR *FLAVOR* DAGING

Prekursor *flavor* utama yang dapat ditemukan pada daging, termasuk daging unggas adalah komponen-komponen yang dapat larut dalam air maupun lemak. Mottram (1998) melaporkan bahwa kelompok gula bebas, asam amino bebas, peptida, nukleotida dan komponen *nitrogenous* lainnya merupakan prekursor utama pada daging ayam. Peranan asam amino dalam pembentukan *flavor* daging selain dalam reaksi *Maillard* juga sebagai sumber sulfur. Asam amino bersulfur seperti sistein, sistin dan metionin dapat menghasilkan hidrogen sulfida maupun senyawa-senyawa volatil bersulfur yang berkontribusi pada *flavor* daging (Mottram 1998; Koutsidis et al. 2008a; 2008b).

Selain asam amino bersulfur, taurin dan glutation juga memiliki kontribusi membentuk hidrogen sulfida yang berperan secara langsung maupun sebagai senyawa antara dengan membentuk senyawa volatil bersulfur lainnya (Ames 1993; Shahidi 2002). Pemanasan ekstrak daging tanpa lipida dapat menghasilkan *flavor* dari berbagai spesies daging hewan (Jayasena et al. 2013), sedangkan lipida bertanggung jawab terhadap pembentukan *flavor* khas untuk setiap spesies hewan (Mottram 1998). Menurut Pippen (1967) walaupun lipida ayam memiliki bau yang sangat menyerupai daging ayam olahan, tetapi tidak dapat menghasilkan *flavor* daging ayam. Oleh karena itu, *flavor* daging tidak dapat berasal dari lipida saja. Hidrogen sulfida merupakan prekursor *flavor* daging unggas melalui reaksi dengan senyawa karbonil (Van et al. 2012). Reaksi antara asetaldehida dan hasil degradasi termal lipida dengan hidrogen sulfida dari asam amino bersulfur menghasilkan aroma yang berkontribusi terhadap *flavor* daging ayam (Jayasena et al. 2013).

Komponen-komponen karbonil terutama dekadienal yang berkontribusi pada *flavor* daging ayam dapat dihasilkan dari asam linoleat (C18:2) yang terbentuk melalui oksidasi lipida maupun melalui pemasakan biasa dengan media air (Chen & Ho 1998; Aliani & Farmer 2005). Beberapa senyawa enal, dienal dan trienal selain dapat dihasilkan dari pemecahan asam arakhidonat (C20:4) juga dapat dihasilkan dari pemecahan asam oleat (C18:1), linoleat (C18:2) dan linolenat (C18:3) yang juga penting dalam *flavor* daging ayam (Whitfield 1992). Senyawa-senyawa tersebut merupakan kelompok asam lemak tidak jenuh yang ditemukan pada daging unggas. Purba et al. (2013) dan Randa (2007) melaporkan bahwa persentase asam lemak tidak jenuh pada daging itik lokal lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak jenuh.

PEMBENTUKAN *FLAVOR* PADA DAGING

Komponen-komponen protein dan lemak pada daging mengalami perubahan fisik dan kimia ketika mengalami pemanasan dan tergantung pada suhu dan kadar air. Protein-protein miofibrilar akan mengkerut dan menghasilkan cairan daging (Wasserman 1972). Cairan daging tersebut akan bercampur dengan lipida yang meleleh sehingga memungkinkan pencampuran komponen-komponen yang larut dalam air maupun lemak (Wasserman 1972; Jayasena et al. 2013). Cara pemasakan dengan suhu dan kadar air yang berbeda akan menghasilkan *flavor* daging olahan yang berbeda pula (Mottram 1991).

Beberapa reaksi kimia yang terjadi selama proses pemanasan sebagai pemicu terbentuknya *flavor* daging adalah pirolisis asam amino dan peptida, karamelisasi karbohidrat terutama gula, degradasi ribonukleotida, degradasi tiamin, interaksi asam amino atau peptida dengan gula dan degradasi termal lipida (Mottram 1991). Secara khusus reaksi utama pembentukan *flavor* daging adalah reaksi *Maillard*, degradasi *Stecker* dan reaksi degradasi lipida serta tiamin (Brunton et al. 2002).

Reaksi *Maillard*

Reaksi *Maillard* merupakan reaksi utama antara gula pereduksi dengan komponen amino yang meningkat kecepatannya seiring dengan meningkatnya suhu dan menurunnya kadar air (Mottram 1991). Produk-produk reaksi *Maillard* memiliki kontribusi terhadap aroma, bahkan menurut Oliveira et al. (2014) hampir setengah dari senyawa-senyawa volatil yang terbentuk dalam makanan merupakan produk reaksi *Maillard*. Reaksi *Maillard* terjadi secara luas khususnya dalam makanan dan sistem biologi. Kontribusi reaksi *Maillard* menurut Chuyen (1998) mengkaji antara reaksi *Maillard* dan pengolahan

makanan, terutama terhadap pembentukan rasa, efek antioksidan, aktivitas dismutagenik dan peningkatan sifat fungsional protein. Reaksi *Maillard* seperti halnya lipida tidak hanya menghasilkan *flavor* yang dikehendaki (*desirable flavor*), tetapi dapat pula membentuk *flavor* yang tidak dikehendaki (*undesirable flavor*). Hal ini dapat merusak makanan sehingga sangat penting untuk mengontrol reaksi-reaksi selama proses dan penyimpanan untuk memaksimalkan terbentuknya *flavor* yang dikehendaki.

Reaksi *Maillard* antara gula dan senyawa amino tidak membutuhkan suhu yang sangat tinggi dibandingkan dengan karamelisasi gula dan pirolisis protein sehingga mudah membentuk aroma pada suhu pemasakan. Reaksi *Maillard* antara karbohidrat dengan gugus amino secara alami tidak memerlukan bahan kimia tambahan dan akan berlangsung dalam kondisi suhu, waktu, pH dan kelembaban yang terkendali (Oliveira et al. 2014). Pemanasan pada suhu 80-100°C dapat merusak protein dan kehilangan disulfida, 100-150°C mengakibatkan dekomposisi lisin, kehilangan *serine* dan *threonine* serta pembentukan isopeptida. Tahap-tahap reaksi yang penting ditujukan untuk pembentukan produk amadori, dehidrasi dan deaminasi yang membentuk furfural, furanon dan dikarbonil (Winarno 2004). Semua produk-produk *Maillard* ini mampu berinteraksi lebih jauh pascareaksi *Maillard* yang meliputi interaksi furfural, furanon dan dikarbonil dengan senyawa reaktif lain seperti amin, asam amino, hidrogen sulfida, tiol, amonia, asetaldehida dan aldehid lainnya. Reaksi-reaksi ini banyak berperan dalam pembentukan *flavor* dan produknya termasuk komponen heterosiklik seperti pirazin, oxazol, tiofen dan senyawa sulfur heterosiklik lainnya (Whitfield et al. 1988; Kochhar 1993).

Tahap pertama reaksi ini menurut Whitfield (1992) adalah penambahan gugus karbonil dari rantai terbuka gula pereduksi ke gugus amino utama dari asam amino, peptida atau komponen amino lainnya. Basa *Schiff* terbentuk oleh dehidrasi yang kemudian mengalami siklisasi membentuk aldosilamin dengan substitusi nitrogen. Senyawa ini akan dikonversi menjadi 1-amino-1-deoksi-2-ketosa (intermediet amadori) jika gula pereduksi berupa aldosa atau 2-amino-2-deoksi-aldosa (intermediet heyns) jika gula pereduksi berupa ketosa (Whitfield 1992). Kedua senyawa intermediet ini tidak menunjang pembentukan *flavor* secara langsung tetapi merupakan prekursor komponen *flavor* yang penting karena bersifat tidak stabil terhadap panas dan segera mengalami dehidrasi dan deaminasi. Hasilnya akan membentuk komponen furan melalui jalur 2,3-enolisasi atau furfural dari pentosa serta 5-hidroksimetilfurfural dan 5-metilfurfural dari ketosa melalui jalur 1,2-enolisasi yang akan bereaksi lebih lanjut dengan komponen reaktif lainnya dan produk degradasi *Stecker* terutama furfural, furanon dan α -

dikarbonil, membentuk komponen heterosiklik (Whitfield 1992; Van et al. 2012).

Degradasi *Stecker* meliputi dekarboksilasi dan deaminasi oksidatif dari asam-asam amino dengan adanya komponen dikarbonil yang menghasilkan produk tambahan berupa hidrogen sulfida, amonia, asetaldehida dan pembentukan kembali dikarbonil yang sangat penting dalam pembentukan *flavor* daging (Whitfield 1992). Degradasi *Stecker* sistein menghasilkan aldehida, merkaptosasetaldehida dan α -aminoketon, sedangkan hidrogen sulfida, amonia dan asetaldehida dibentuk dari pemecahan produk antara merkaptosiminol. Senyawa-senyawa ini penting pada pembentukan senyawa aroma yang berperan dalam peningkatan *flavor* daging. Degradasi *Stecker* metionin juga menghasilkan metional, metanethiol dan 2-propenal (Shahidi & Pegg 1994).

Reaksi degradasi lipida

Degradasi lipida meliputi oksidasi dan degradasi panas dari komponen-komponen lipida berupa pemecahan rantai *alkyl* tak jenuh melalui mekanisme radikal bebas yang membentuk hidroperoksida dan radikal bebas lainnya. Kemudian diikuti dengan dekomposisi hidroperoksida yang membentuk produk-produk nonradikal, termasuk komponen aroma volatil seperti karbonil, terutama aldehida (Mottram 1991). Degradasi lipida memiliki peranan penting dalam produk degradasi termal dalam bahan pangan karena memiliki kontribusi terhadap *flavor* khususnya. Saat masih segar, daging hanya memiliki sedikit aroma dan hanya rasa seperti darah (*bloody*). Selama pemanasan daging, terjadi reaksi-reaksi yang kompleks yang melibatkan senyawa amino, senyawa karbonil, lipida (khususnya *poly unsaturated fatty acids*/PUFA) yang berkontribusi terhadap aroma daging (Mottram 1991).

Produk-produk primer hasil oksidasi lipida melibatkan lima tipe reaksi yang berbeda. Menurut Gordon (1990) kelima reaksi tersebut diawali dengan reaksi sebuah radikal karbon dengan molekul oksigen, lalu terjadi transfer sebuah atom hidrogen dari substrat pada rantai yang mengandung peroksil (kecepatannya tergantung kekuatan ikatan C-H) dan diikuti oleh fragmentasi rantai peroksil yang menghasilkan sebuah molekul oksigen dan atom C radikal baru. Kemudian peroksil terbentuk kembali dan akan mengalami siklisasi. Senyawa yang telah mengalami siklisasi ini dapat bereaksi dengan intermediet maupun produk reaksi *Maillard* dan degradasi *Stecker* seperti membentuk komponen heterosiklik yang merupakan ciri khas partisipasi lipida. Fenomena ini menunjukkan pembentukan komponen-komponen *flavor* menjadi tidak terbatas (Whitfield 1992).

Aldehida sebagai komponen utama degradasi lipida mungkin terdapat dalam karakteristik spesies

tertentu. Proporsi yang lebih tinggi dari asam lemak tak jenuh dalam trigliserida pada daging ayam banyak menghasilkan senyawa aldehida volatil tak jenuh. Senyawa-senyawa ini mungkin penting pada pembentukan aroma khasnya (Noleau & Toulemonde 1987). Aldehid yang paling melimpah pada *flavor* ayam adalah heksanal dan 2,4-dekadienal. Keduanya merupakan produk utama degradasi asam linoleat, dimana ootoksidasinya menghasilkan 9- dan 13-hidroperoksida. Pemecahan 13-hidroperoksida akan membentuk heksanal, sedangkan 9-hidroperoksida akan membentuk 2,4-dekadienal (Mottram 1994).

Peranan khusus dari fosfolipida dibandingkan dengan trigliserida pada pembentukan *flavor* daging sapi telah dibuktikan oleh Mottram (1998) yang mereaksikan ribosa dan sistein dengan tipe lipida yang berbeda, yaitu trigliserida, fosfolipida, fosfatidilkolin dari telur dan fosfatidiletanolamin. Trigliserida ternyata tidak berpengaruh pada aroma tetapi fosfolipida dengan kandungan asam lemak tak jenuhnya yang tinggi memperkuat aroma dan mengurangi bau belerang, sehingga fosfolipida diduga berperan lebih penting pada pembentukan *flavor* daging.

Reaksi degradasi tiamin

Degradasi tiamin tergantung pada suhu dan waktu pemanasan, terutama dipengaruhi oleh pH medium (Jayasena et al. 2013). Tiamin juga mengandung gugus amino yang dapat mengalami reaksi *Maillard* dengan adanya gula pereduksi (Van Boekel 2006).

Degradasi tiamin terutama terjadi pada pH 7-8 (medium sedikit basa) dengan mekanisme reaksi penyerangan atom C kedua dari cincin tiazol oleh suatu nukleofil membentuk prekursor-prekursor *flavor* seperti 3-merkapt-7-hidroksi-2-pentanon, sedangkan pada pH <6 (asam) terjadi pemotongan ikatan metilen antara cincin pirimidin dan tiazol oleh suatu ion hidroksil, dimana tiazol merupakan senyawa antara yang beraroma daging (Van et al. 2012). Senyawa 3-merkapt-7-hidroksi-2-pentanon ini kemudian melalui dehidrasi lanjut membentuk komponen furan dan tiofen yang memiliki aroma daging (Mottram 1991).

FLAVOR DAGING UNGGAS

Flavor daging secara alami merupakan *flavor* yang terbentuk melalui perubahan prekursor dengan adanya pemanasan sehingga diperoleh *flavor* khas daging. Selama proses pemanasan terjadi berbagai reaksi fisika dan kimia yang sangat kompleks dari prekursor-prekursor nonvolatil pada jaringan lemak maupun jaringan tanpa lemak. Komponen-komponen yang dihasilkan saling berinteraksi lebih lanjut dalam berbagai reaksi sekunder dan tersier yang

menghasilkan komponen-komponen volatil pembentuk *flavor* daging (Mottram 1991; Qiao et al. 2002).

Flavor daging ayam atau unggas terdiri atas dua kelas komponen yaitu komponen *flavor* daging dan komponen *flavor* khas unggas. Penghilangan komponen bersulfur akan menurunkan *flavor* daging (Minor et al. 1965; Jayasena et al. 2013), sedangkan penghilangan komponen karbonil pada fraksi volatilnya terutama komponen aldehida tidak jenuh akan menyebabkan penurunan *flavor* khas ayam dan peningkatan *flavor* daging (Minor et al. 1965). Pada saat ini telah berhasil diidentifikasi beberapa ratus komponen volatil yang membentuk *flavor* daging. *Flavor* daging ayam khususnya memiliki komponen aldehida dari kelas karbonil yang relatif tinggi tetapi mengandung komponen sulfur yang relatif rendah termasuk senyawa volatil yang telah diidentifikasi pada daging sapi dan ayam (Mottram 1991).

Menurut Mottram (1991), lebih dari 450 komponen diidentifikasi pada daging ayam rebus. Komponen 2-methyl-3-furanthiol diidentifikasi oleh Gasser & Grosch (1988) sebagai komponen *flavor* yang penting pada *flavor* daging ayam. Produk oksidasinya *bis* (2-methyl-3-furyl) disulfida juga memiliki karakteristik *flavor* daging yang ditemukan melalui pemanasan tiamin klorida dalam protein hidrolisat. Sedangkan komponen 3,5-dimethyl-1,2,4-tithiolane yang juga diketahui sebagai produk degradasi sistein/sistin, bersama *thialdine* sebenarnya merupakan komponen volatil pembentuk *flavor* daging ayam rebus (Brunton et al. 2002).

Van et al. (2012) melaporkan bahwa heksanal, 3-okten-2-ol, 1-pentanol, pentanal, heptanal, oktanal dan 1-okten-3-ol yang diketahui sebagai produk oksidasi lipida juga dapat berasal dari campuran pakan ayamnya.

OFF-FLAVOR/OFF-ODOR PADA DAGING UNGGAS

Beberapa sifat bau yang dipersepsikan sebagai *off-odor* pada daging itik telah dilaporkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Hustiany (2001) melaporkan bahwa *off-odor* yang dapat ditemukan pada daging itik lokal antara lain: bau amis, bau darah, apek, tengik, bau seperti kentang rebus, bau seperti ubi rebus dan atau bau seperti telur asin. Randa et al. (2006) juga telah melaporkan bahwa berdasarkan uji sensori bahwa ada sebanyak enam atribut *off-odor* yang terdeteksi pada daging itik lokal yang diteliti, yaitu: *fishy* (amis), *fatty* (lemak), *rancid* (tengik), *beany* (langu), *mouldy* (apek) dan *earthy* (tanah). Berdasarkan hasil analisis lanjut dengan metode uji deskripsi terhadap atribut *off-odor* pada daging itik, Randa et al. (2006) selanjutnya melaporkan bahwa bau yang paling dominan adalah

fishy (amis). Bau amis atau anyir tersebut berpengaruh negatif khususnya terhadap selera penerimaan konsumen.

Reineccius (1994) menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang dapat berpengaruh terhadap *off-odor* pada daging unggas yaitu: jenis pakan yang dikonsumsi selama pemeliharaan, sifat genetik dan jenis kelamin ternak, umur potong dan oksidasi lipida. Nam et al. (2002) menyatakan penyimpanan, pemasakan/perebusan juga dapat menimbulkan *off-odor/off-flavor* maupun perubahan warna akibat terjadinya perubahan oksidatif pada daging unggas. Reineccius (1994) melaporkan bahwa daging kalkun yang diberi makanan yang mengandung minyak tuna (2%) menyebabkan daging kalkun tersebut berbau *fishy* yang bersifat *off-odor*. Bau *fishy* ini tidak ada ditemukan dalam daging kalkun tanpa pemberian minyak tuna. Heath & Reineccius (1986) menambahkan bahwa pakan yang diberikan kepada ternak terbukti mempengaruhi *flavor* dan *off-flavor* pada daging, terutama ternak nonruminansia. Ternak yang masuk dalam kelompok unggas termasuk itik menurut Heath & Reineccius (1986) banyak memanfaatkan makanan yang mengandung kadar protein dan asam lemak yang tinggi.

Bailey et al. (1992) telah melaporkan bahwa apabila pakan banyak mengandung asam lemak tidak jenuh maka akan mudah terbentuk komponen volatil hasil degradasi lipida seperti heksanal, dekadienal dan dekanal. Komponen-komponen volatil turunan lipida ini sangat berperan untuk menghasilkan *off-odor* pada daging seperti bau tengik, langu, *fatty* dan *fishy*.

Peroksidasi lemak juga dapat menyebabkan pembentukan radikal bebas pada ikatan tak jenuh akibat pemisahan hidrogen dari asam lemak tidak jenuh, yang sekaligus menurunkan nilai energi lemak. Peroksidasi lemak dapat mengganggu metabolisme vital akibat rusaknya nutrisi kritis seperti vitamin A, D dan E (Surai 2003). Akibatnya dapat menyebabkan kegagalan reproduksi, buruknya konversi pakan, daging unggas berbau tidak enak dan berkurangnya pigmentasi telur dan kulit broiler. Bou et al. (2001) berpendapat bahwa oksidasi lipida merupakan faktor yang paling utama penyebab *off-odor* dan *off-flavor* pada daging. *Off-odor* pada daging itik selain berhubungan dengan jumlah dan jenis pakan yang diberikan, juga dipengaruhi oleh umur. Kandungan lemak pada daging itik semakin bertambah dan mengakibatkan terbentuknya deposisi lemak pada jaringan tubuh seiring dengan pertambahan umur (Hustiany 2001; Baeza 2006). Keempukan daging juga dapat semakin menurun dengan semakin bertambahnya umur ternak, terjadi perubahan struktur jaringan ikat mengakibatkan daging menjadi liat/alot (Matitaputty & Suryana 2010).

Komponen *off-odor* pada daging ternak dapat dibentuk dari berbagai reaksi komponen-komponen kimia yang ada dalam daging tersebut. Menurut Kochhar (1993) monohidroperoksida asam lemak tidak jenuh yang dibentuk dari hasil reaksi otooksidasi, fotooksidasi atau enzimatis, bersifat tidak stabil dan mudah dipecahkan ke dalam berbagai macam senyawa volatil dan nonvolatil. Diuraikan pula bahwa dekomposisi asam lemak tidak jenuh tersebut akan menghasilkan senyawa aldehid, keton, alkohol, asam, hidrokarbon, lakton, furan dan ester (Ajuyah et al. 1993; Kochhar 1993).

Senyawa aldehida alifatik merupakan senyawa volatil yang paling penting untuk menghasilkan senyawa-senyawa yang berkontribusi untuk menghasilkan bau yang tidak menyenangkan (*off-odor*) dan *off-flavor* pada bahan pangan. Aldehida alifatik ini dihasilkan dari proses otooksidasi asam lemak tidak jenuh, terutama asam oleat, linoleat, linolenat dan asam arakhidonat (Kochhar 1993). Senyawa aldehida juga terbentuk pada daging ayam lokal yang dipanaskan. Senyawa aldehida yang dapat diidentifikasi pada daging ayam Kampung yang direbus menurut Apriyantono & Indrawaty (1998) antara lain adalah pentanal, heksanal, heptanal, oktanal, 2,6-nonadienal dan 2,4-dekadienal. Wu & Liou (1992) juga telah melaporkan bahwa senyawa aldehida yang dapat diidentifikasi pada daging itik Pekin yang direbus adalah heksanal, heptanal, oktanal, heptenal, nonanal, 2,4-heptadienal, 2,4-nonadienal dan 2,4-dekadienal.

Hustiany (2001) telah mengidentifikasi bahwa terdapat sembilan komponen-komponen *off-odor* pada daging itik dengan menggunakan GC-MS, yaitu (E)-4-penten-2-ol, 1-pentanol, heksanal, (E)-1-okten-3-ol, nonanal, (E)-2-okten-1-ol, (E)-2-dekanal, (E)-2-nonen-1-ol dan trans-2-undekenal. Akan tetapi, dilaporkan pula bahwa tidak hanya komponen-komponen tersebut yang mengakibatkan *off-odor* pada daging itik. Terdapat dua komponen yang tidak terdeteksi pada GC-MS, namun yang paling mendekati *off-odor* pada daging itik. Berdasarkan penilaian panelis, komponen yang tidak terdeteksi tersebut merupakan *off-odor/off-flavor*, *unpleasant*, busuk, pesing dan bau amis (Hustiany 2001).

ANTIOKSIDAN DAN PERANANNYA PADA DAGING UNGGAS

Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat dan mencegah terjadinya reaksi antioksidasi radikal bebas dalam oksidasi lipida (Surai 2003). Berdasarkan sumbernya, antioksidan menurut Masralova (2001) dapat dibagi dalam dua bagian yaitu: (1) Antioksidan sintetik,

merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis reaksi kimia; dan (2) Antioksidan alami, merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil ekstraksi bahan alami. Jenis-jenis antioksidan alami banyak ditemukan dari jenis tanaman. Sebagai contoh antioksidan alami antara lain adalah: vitamin A, E, C, karotenoid, flavonoid dan minyak esensial. Contoh antioksidan sintetis yang juga sudah umum diberikan sebagai bahan suplemen dalam pakan antara lain adalah Butil Hidroksil Toluena (BHT), Butil Hidroksil Anisol (BHA), Tert-Butil Hidroksi Quinon (TBHQ) dan Santoquin (*ethoxyquin*) (Masralova 2001; Surai 2003). Vitamin E dan antioksidan BHT atau Endox dapat mencegah terjadinya reaksi oksidasi lipida. Oksidasi lipida menyebabkan salah satu masalah utama dalam pengembangan produk daging. Oksidasi lipida menyebabkan penurunan kualitas melalui pembentukan rasa tengik pada daging (Suresh et al. 2012). Oleh karena itu, antioksidan sintetis seperti BHT dan BHA dalam skala industri telah digunakan untuk mencegah oksidasi dalam produk daging. Namun, sumber alami antioksidan dianggap lebih aman daripada antioksidan sintetis (Brewer 2011). Dalam beberapa tahun belakangan, berbagai bahan tanaman seperti kulit buah, daun ekstrak yang mengandung senyawa fenolik telah dibuktikan menjadi antioksidan yang efektif untuk menangkalkan reaksi oksidasi lipida (Frag et al. 2006; Devatkal et al. 2011). Selanjutnya, pengaruh antioksidan ekstrak biji anggur, daun teh, *rosemary*, sage, ekstrak daun delima dan kulit *kinnow* dalam daging unggas telah dilaporkan (Brannan 2008; Devatkal et al. 2011). Bou et al. (2006a) melaporkan bahwa suplementasi α -tokoferol asetat dalam pakan ayam broiler dengan dosis 150 mg/kg selama 32 hari mampu meningkatkan stabilitas daging ayam. Selanjutnya Bou et al. (2006b) juga telah melaporkan bahwa suplementasi α -tokoferol asetat 225 mg/kg dan vitamin C 110 mg/kg dalam pakan, daging yang dikemas dalam kaleng dan disimpan selama 7 bulan pada temperatur -20°C tetap stabil. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa antioksidan yang terdapat di dalam vitamin E maupun kombinasi vitamin E dan C mampu dengan efektif menangkalkan reaksi oksidasi lipida pada daging ayam dalam jangka waktu yang cukup lama. Beberapa nilai keuntungan dan kerugian penggunaan antioksidan sintetis atau antioksidan alami diuraikan dalam Tabel 1.

Penggunaan antioksidan dalam industri makanan akhir-akhir ini semakin tinggi dan semakin luas. Antioksidan sintetis yang digunakan dalam skala industri juga telah lama digunakan untuk meningkatkan kualitas maupun palatabilitas berbagai jenis produk yang dijual ke masyarakat. Namun demikian, oleh perkembangan ilmu dan teknologi penggunaan antioksidan sintetis dan alami akhir-akhir ini juga semakin berkembang.

Peranan antioksidan dalam daging dapat menghambat laju oksidasi lemak (Surai 2003). Terjadinya proses oksidasi lemak pada daging juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya *off-odor* demikian juga terhadap *off-flavor* (Reineccius 1994). Selain menghambat laju oksidasi pada daging, diketahui pula bahwa antioksidan dapat berfungsi untuk mencegah radikal bebas yang dihasilkan melalui proses oksidasi normal dalam tubuh. (Surai 2003) menyatakan bahwa antioksidan dinyatakan sebagai senyawa secara nyata dapat memperlambat oksidasi, walaupun dengan konsentrasi yang relatif rendah sekalipun dibandingkan dengan substrat yang dapat dioksidasi.

Tabel 1. Keuntungan dan kerugian penggunaan antioksidan sintetis atau alami

Parameter	Antioksidan sintetis	Antioksidan alami
Harga	Cukup murah	Cenderung mahal
Tingkat penggunaan	Cukup luas	Masih terbatas
Tingkat aktivitas	Sedang hingga tinggi	Tinggi
Manfaat untuk pangan	Meningkatkan keamanan pangan	Tidak berbahaya untuk pangan
Aplikasi untuk pangan	Sebagian dilarang penggunaannya untuk pangan	Untuk pangan semakin meluas
Kelarutan dalam air	Cukup tinggi	Cukup tinggi
Peminat	Masih rendah	Semakin meningkat

Sumber: Valenzuela & Nieto (1996)

Berdasarkan kepada mekanisme kerjanya, antioksidan mempunyai dua peranan penting yaitu sebagai pemberi atom hidrogen dan sering pula disebut antioksidan primer. Gordon (1990) menyatakan bahwa senyawa antioksidan primer dapat memberikan atom hidrogen dalam waktu yang cepat menuju radikal bebas *lipida* ($R^{\bullet}$, $ROO^{\bullet}$) atau mengubahnya ke bentuk yang lebih stabil, sementara turunan radikal antioksidan ($A^{\bullet}$) tersebut memiliki keadaan yang lebih stabil dibandingkan dengan radikal lipida. Sedangkan fungsi kedua disebut sebagai antioksidan sekunder, yaitu mampu memperlambat laju otooksidasi dengan berbagai mekanisme di luar mekanisme pemutusan rantai otooksidasi dengan pengubahan radikal lipida ke dalam bentuk yang lebih stabil. Penambahan antioksidan primer pada lipida menurut Gordon (1990), dapat menghambat/mencegah reaksi otooksidasi lemak dan minyak. Bahkan penambahan antioksidan tersebut dapat menghalangi reaksi oksidasi pada tahap inisiasi maupun propagasi. Radikal-radikal antioksidan ($A^{\bullet}$)

yang terbentuk pada reaksi tersebut relatif stabil dan tidak mempunyai energi yang cukup untuk dapat bereaksi dengan molekul lipida lain membentuk radikal lipida baru. Hamilton (1983) juga berpendapat bahwa radikal-radikal antioksidan dapat saling bereaksi membentuk produk nonradikal. Reaksi tahap inisiasi dan propagasi menurut Hamilton (1983) sebagai berikut:

Mekanisme kerja antioksidan dalam menghambat oksidasi atau menghentikan reaksi berantai pada radikal bebas dari lemak yang teroksidasi, dapat disebabkan oleh empat macam mekanisme reaksi, yaitu: (1) Pelepasan hidrogen dari antioksidan; (2) Pelepasan elektron dari antioksidan; (3) Addisi lemak ke dalam cincin aromatik pada antioksidan; dan (4) Pembentukan senyawa kompleks antara lemak dan cincin aromatik dari antioksidan (Ketaren 2005). Antioksidan dapat menghambat setiap tahap proses oksidasi, tahapan reaksi oksidasi tersebut diuraikan dalam Gambar 1.

RH: Lemak/minyak tidak jenuh; RO_2^* : Peroksida aktif; R^* : Asam lemak tidak jenuh aktif

Gambar 1. Tahapan reaksi antioksidan untuk menghambat proses oksidasi menggunakan cahaya/panas

Hasil penelitian terdahulu melaporkan bahwa penambahan antioksidan dalam pakan itik dapat menghambat oksidasi lipida (Randa 2007; Purba et al. 2010). Penambahan antioksidan santoquin, vitamin E dan C dalam pakan itik mampu menghambat oksidasi lipid pada daging itik lokal. Penambahan antioksidan tersebut bukan hanya mampu menghambat oksidasi lipid, akan tetapi menurunkan intensitas *off-odor* pada daging itik segar dan rebus dan kualitas sensori daging itik meningkat (Purba et al. 2010; 2013).

KESIMPULAN

Flavor daging unggas secara alami terbentuk melalui proses tertentu, misalnya pemanasan, berbagai reaksi kimia yang kompleks terjadi antara prekursor nonvolatil dari jaringan lemak maupun jaringan tanpa

lemak (*lean*). Komponen *flavor* utama daging olahan berupa komponen volatil dan nonvolatil mempunyai pengaruh besar terhadap penerimaan daging olahan, terutama terhadap rasa (*taste*). Penghilangan komponen bersulfur dapat menyebabkan penurunan *flavor* pada daging (*meaty*), sedangkan penghilangan komponen karbonil akan menyebabkan penurunan *flavor* khususnya dan peningkatan *flavor* secara umum pada daging.

Daging unggas cenderung memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi sehingga mudah terjadi oksidasi lipida. Oksidasi lipida pada daging unggas sebagai pertanda bahwa daging tersebut mengalami kerusakan dan menimbulkan *off-odor*. Untuk menghambat oksidasi lemak pada daging dapat dilakukan dengan penambahan antioksidan dalam pakan.

Lipida bersama protein dan karbohidrat tidak dapat dihindari peranannya dalam interaksi termal selama proses pengolahan makanan, khususnya dengan perlakuan pemanasan yang bertanggung jawab dalam pemunculan komponen volatilnya.

Reaksi utama yang terjadi dalam mekanisme pembentukan *flavor* daging adalah reaksi *Maillard* disertai degradasi *Stecker* dan degradasi lipida, disamping terjadi pula degradasi tiamin. Ketiganya banyak melibatkan reaksi antara komponen karbonil dan amin dan berperan sebagai pembentukan senyawa aroma dalam peningkatan *flavor* pada daging unggas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajuyah AO, Fenton TW, Hardin RT, Sim JS. 1993. Measuring lipid oxidation volatiles in meats. *J Food Sci.* 58:43-61.
- Aliani M, Farmer LJ. 2005. Precursors of chicken flavor. I. Determination of some flavor precursors in chicken muscle. *J Agric Food Chem.* 53:6067-6072.
- Ames JM. 1993. Volatil sulfur compounds in yeast extract. In: Abstracts of Papers of 206th ACS National Meeting. Washington DC (US): American Chemical Society.
- Apriyantono A, Indrawaty. 1998. Comparison of flavor characteristic of domestic chicken and broiler as affected by different processing methods. In: Contis ET, Ho CT, Mussinan CJ, Parliament TH, Shahidi F, Spanier AM, editors. Food flavors: formation, analysis and packaging influences. Proceedings of the 9th International Flavor Conference The George Charalambous. New York (US): Elsevier Science. p. 279-294.
- Baeza E. 2006. Effects of genotype, age and nutrition on intramuscular lipids and meat quality. In: Symposium COA/INRA Scientific Cooperation in Agriculture. Tainan, 7-10 November 2006. Tainan (Taiwan): COA/INRA. p. 79-82.

- Bailey ME, Rourke, Gutheil TJ, Wang CYJ. 1992. Undesirable flavour of meat. In: Charalmbous G, editor. Off-flavour in food and beverages. New York (US): Elsevier.
- Bou R, Grimpa S, Baucells MD, Codony R, Guardiola F. 2006a. Dose and duration effect of alpha-tocopheryl acetate supplementation on chicken meat fatty acid composition, tocopherol content, and oxidative status. *J Agric Food Chem*. 54:5020-5026.
- Bou R, Grimpa S, Guardiola F, Barroeta AC, Codony R. 2006b. Effect of various fat sources, alpha tocopheryl acetate and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and alpha-tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. *Poult Sci*. 85:1472-1481.
- Bou R, Guardiola F, Grau A, Grimpa S, Manich A, Barroeta A, Codony R. 2001. Influence of dietary fat source, alpha-tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poult Sci*. 80:800-807.
- Brannan RG. 2008. Effect of grape seed extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. *J Food Sci*. 73:36-39.
- Brewer MS. 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action and potential applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 10:221-247.
- Brunton NP, Cronin DA, Monahan FJ. 2002. Volatile components associated with freshly cooked and oxidized off-flavours in turkey breast meat. *Flavour Fragr J*. 17:327-334.
- Chen W, Ho CT. 1998. The flavor of poultry meat. In: Shahidi F, editor. Flavor of meat, meat products and seafood. 2nd ed. London (UK): Blackie Acad Prof Press Chapman & Hall.
- Chuyen N V. 1998. Maillard reaction and food processing. Application aspects. *Adv Exp Med Biol*. 434:213-235.
- deMan JM. 1997. Kimia makanan. Edisi kedua. Bandung (Indonesia): ITB Bandung.
- Devatkal SK, Narsaiah K, Borah A. 2011. The effect of salt, extract of kinnow and pomegranate fruit by-products on colour and oxidative stability of raw chicken patties during refrigerated storage. *J Food Sci Technol*. 48:472-477.
- Farag RS, Mahmoud EA, Basuny AM, Ali RFM. 2006. Influence of crude olive leaf juice on rat liver and kidney functions. *Int J Food Sci Technol*. 41:790-798.
- Gasser U, Grosch W. 1988. Identification of volatile flavour compounds with high aroma values from cooked beef. *Zeitschrift fuer Leb-Untersuchung und-Forsch*. 186:489-494.
- Gordon MH. 1990. The mechanism of antioxidants action *in vitro*. In: Hudson BJF, editor. Food antioxidants. London (UK): Elsevier Applied Science.
- Hamilton RJ. 1983. The chemistry of rancidity in foods. In: Allen CJ, Hamilton RJ, editors. Rancidity in foods. London (UK): Applied Science Publishers.
- Heath HB, Reineccius G. 1986. Flavor chemistry and technology. New York (US): Avi Book.
- Hustiany R. 2001. Identifikasi dan karakterisasi komponen *off-odor* pada daging itik [Thesis]. [Bogor (Indonesia)]: IPB.
- Jayasena DD, Dong UA, Ki CN, Cheorun J. 2013. Flavour chemistry of chicken meat. A review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 26:732-742.
- Joo ST, Kim DD. 2011. Meat quality traits and control technologies. In: Joo ST, editor. Control of meat quality. Kerala (India): Research Signpost. p. 1-20.
- Ketaren S. 2005. Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan. Jakarta (Indonesia): UI Press.
- Kochhar SP. 1993. Oxidative pathway to the taints and off-flavours. In: Saxby MJ, editor. Food taints and off-flavours. New York (US): Blackie Academic & Profesional.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram D. 2008a. Water soluble precursor of beef flavor: I. Effect of diet and breed. *Meat Sci*. 79:124-130.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008b. Water soluble precursor of beef flavor: part II. Effect of diet post-mortem conditioning. *Meat Sci*. 79:270-277.
- Maarse H. 1993. Analysis of taints and off-flavours. In: Saxby MJ, editor. Food taints and off-flavours. New York (US): Blackie Academic & Profesional.
- Masralova NVY. 2001. Inhibiting oxidation. In: Pokorný J, Yanishlieva N, Gordon M, editors. Antioxidants in food. New York (US): CRC Press Inc. p. 126-143.
- Matitaputty PR, Suryana. 2010. Karakteristik daging itik dan permasalahan serta upaya pencegahan *off-flavor* akibat oksidasi lipida. *Wartazoa*. 20:130-138.
- Minor IJ, Pearson AM, Dawson LE, Schweigert BS. 1965. Chicken flavor: the identification of some chemical component and the importance of sulfur compounds in the cooked volatile fraction. *J Food Sci*. 30:686-696.
- Mottram DS. 1991. Meat. In: Maarse H, editor. Volatile compounds in foods and beverages. New York (US): Marcel Decker Inc.
- Mottram DS. 1994. Some aspects of the chemistry of meat flavor. In: Shahidi F, editor. The flavor of meat and meat product. Glasgow (Scotland): Blackie and Son. p. 210-230.
- Mottram DS. 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem*. 62:415-424.
- Nam KC, Kim YH, Du M, Ahn DU. 2002. Off-odor volatiles and pink color development in precooked, irradiated

- turkey breast during frozen storage. Poult Sci. 81:269-275.
- Noleau I, Toulemonde B. 1987. Volatile components of roasted chicken fat. Lebensm-Wiss.u-Technol. 20:37-41.
- Oliveira FCD, Coimbra JSDR, de Oliveira EB, Zuñiga ADG, Rojas EEG. 2014. Food Protein-Polysaccharide Conjugates obtained via the Maillard Reaction: A Review. Crit Rev Food Sci Nutr. 13:37-41.
- Pippen EI. 1967. Poultry flavor. In: Schultz HW, Day EA, Libbey LM, editors. The chemistry and physiology of flavours. Westport (US): The AVI Publishing Company Inc.
- Purba M, Ketaren PP, Laconi EB, Wijaya CH. 2013. Efektivitas santoquin dan vitamin E sebagai imbuhan pakan terhadap kualitas sensori daging itik lokal. JITV. 18:42-53.
- Purba M, Laconi EB, Ketaren PP, Wijaya CH, Hardjosworo PS. 2010. Kualitas sensori dan komposisi asam lemak daging itik lokal jantan dengan suplementasi santoquin, vitamin E dan C dalam ransum. JITV. 15:47-55.
- Qiao M, Fletcher DL, Smith DP, Northcutt JK. 2002. Effects of raw broiler breast meat color variation on marination and cooked meat quality. Poult Sci. 81:276-280.
- Randa SY, Hardjosworo PS, Apriyanton A, Hutagalung R. 2006. Pertumbuhan dan intensitas *off-odor* itik Cihateup yang diberi berbagai jenis lemak dalam pakan. Dalam: Prosiding Lokakarya Nasional. Unggas Air II. Bogor, 16-17 Nopember 2005. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak, MIPI dan Fapet IPB.
- Randa SY. 2007. Bau daging dan performans itik akibat pengaruh perbedaan galur dan jenis lemak serta kombinasi komposisi antioksidan (vitamin A, C dan E) dalam pakan [Disertasi]. [Bogor (Indonesia)]: IPB.
- Reineccius GA. 1994. Source book of flavor. New York (US): Chapman & Hall.
- Rothe M. 1989. Introduction to aroma research. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic Publisher.
- Shahidi F, Pegg R. 1994. Hexanal as and indicator of the flavor deterioration of meat product. In: Ho CT, Hartman TG, editors. Lipids in food flavor. Washington DC (US): American Chemical Socitie.
- Shahidi F. 2002. Lipid derived flavours in meat products. In: Kerry J, Ledward D, editors. Meat processing: improving quality. Cambridge (UK): Woodhead Publishing Ltd. p. 105-121.
- Surai PF. 2003. Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction. Nottingham (UK): Nottingham University Press.
- Suresh K, Devatkal, Pramod R, Thorat M, Manjunatha, Rahul AK. 2012. Comparative antioxidant effect of aqueous extract of curry leaves, fenugreek leaves and butylated hydroxytoluene in raw chicken patties. J Food Sci Technol. 49:781-785.
- Valenzuela AB, Nieto SK. 1996. Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors. Grasas y aceites. 47:186-196.
- Van Boekel MAJS. 2006. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. Biotechnol Adv. 24:230-233.
- Van BH, Inho H, Dawoon J, Amna T. 2012. Principle of meat aroma flavors and future prospect. In: Akyar I, editor. Engineering technology in medicine. Rijeka (Croatia): CC BY 3.0 License.
- Wasserman AE. 1972. Thermally produced flavor components in the aroma of meat and poultry. J Agric Food Chem. 20:737-741.
- Werkhoff P, Burning R, Emberger M, Guntert M, Hopp R. 1993. Flavor chemistry of meat volatiles: new result on flavor components from beef, pork and chicken. In: Hopp R, Mor K, editors. Recent development in flavor and fragrance chemistry. New York (US): VHC.
- Whitfield FB, Motram DS, Brody S, Ruckey DJ, Salter LJ. 1988. Effect of phospholipid on the formation of volatile heterocyclic compounds in heated aqueous solution of amino acid and ribose. J Agric Food Chem. 42:261-272.
- Whitfield FB. 1992. Volatiles from interactions of Maillard reactions and lipids. Crit Rev Food Sci Nutr. 31:1-58.
- Winarno FG. 2002. Flavor bagi industri pangan. Edisi pertama. Bogor (Indonesia): M-Brio Press.
- Winarno FG. 2004. Kimia pangan dan gizi. Jakarta (Indonesia): Gramedia Pustaka Utama.
- Wu C-M, Liou S-E. 1992. Volatile components of water-boiled duck meat and cantonese style roasted duc. J Agric Food Chem. 40:838-841.