

2-ACETYL-1-PYROLINE: SENYAWA VOLATIL PENTING PADA BERAS AROMATIK

Zahara Mardiah, Suhartini, dan Bram Kusbiantoro

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jalan Raya 9, Sukamandi, Subang 41256
Telp.: (0260) 520157; Fax.: (0260) 520158

ABSTRACT

2-Acetyl-1-Pyroline: An Important Volatile Compound in Aromatic Rice. The 2-Acetyl-1-Pyroline (2-AP), namely the IUPAC 5-Acetyl-3,4-Dihydro-H-pyrol or 1-(3,4-Dihydro-2H-pyrol-5-yl)-ethanone has been identified as being available in various food products, such as boiled potatoes, bread, nut seed oil, honey, several soy-based products, milk, sausage, fried meat, boiled salmon, stored sardines, tuna sauce, and many others. It was known that the 2-AP itself was as the most important component determining the aromatic character in aromatic rice. It has been known currently that there were more than 114 volatile compounds of aroma character in rice, however the existence and the concentration of 2-AP compound that differentiating aromatic from non-aromatic rice was unknown yet. The aroma of 2-AP was precisely alike to that of pandan leaves, since indeed, the 2-AP was known as the main volatile compounds in the pandan (*Pandanus amaryllifolius*) leaves. It was reported that the concentration of 2-AP in pandan leaves were 10 and 100 times higher than that of aromatic and non-aromatic rice, respectively. In rice plants, this compound showed a unique and specific formation, in which it depended on the ecology factor and the planting method. Although researches on 2-AP in the world has been conducted for ≥ 20 years, but in Indonesia it still very limited. It was expected that this review will be able to provide meaningful information on the 2-AP as related to its characters, factors influencing its development in the rice crops, as well as methods in increasing its concentration in aromatic rice.

Key words: *Paddy, aromatic rice, 2-Acetyl-1-Pyroline.*

ABSTRAK

Senyawa 2-Acetyl-1-Pyroline (2-AP), yang dikenal dengan nama IUPAC 5-Acetyl-3,4-Dihydro-H-pyrol atau 1-(3,4-Dihydro-2H-

pyrol-5-yl)-ethanone telah diidentifikasi pada berbagai produk pangan, seperti pada kentang rebus, roti, minyak biji kacang, madu, produk dari kedelai, susu, sosis, daging goreng, ikan salmon rebus, ikan sardine kaleng, saus tuna, dan banyak produk lainnya. Telah dilaporkan juga bahwa 2-AP ini merupakan komponen *flavor* penentu tingkat aroma yang terdapat pada beras aromatik. Saat ini telah diketahui terdapat lebih dari 114 komponen senyawa volatil penyusun aroma pada nasi, tetapi keberadaan dan konsentrasi senyawa 2-AP yang membedakan beras aromatik dan bukan aromatik belum diketahui. Senyawa 2-AP merupakan senyawa volatil utama pada daun pandan dan karena itu aromanya sangat mirip dengan aroma daun pandan. Konsentrasi 2-AP pada daun pandan sekitar 10 dan 100 kali lipat dari konsentrasi 2-AP, berturut-turut untuk beras aromatik dan non-aromatik. Pada tanaman padi, pembentukan senyawa unik dan spesifik tergantung pada faktor ekologi dan metode penanaman. Meskipun penelitian tentang 2-AP di dunia telah berlangsung selama lebih dari 20 tahun, tetapi di Indonesia, penelitian ini masih sangat terbatas. *Review* ini diharapkan dapat memberi informasi penting yang bermanfaat yang berkaitan dengan karakteristik 2-AP pada tanaman padi, sehingga dapat membantu dalam memilih teknik budidaya, pengolahan hasil, dan teknik penyimpanan beras aromatik yang tepat.

Kata kunci: *Padi, beras aromatik, 2-Acetyl-1-Pyroline.*

PENDAHULUAN

Beras merupakan komoditi pangan utama yang dikonsumsi secara luas di dunia. Salah satu jenis beras yang populer di Asia dan mulai populer di Eropa dan Amerika Serikat adalah beras aromatik. Pada umumnya beras jenis aromatik lebih disukai daripada beras non-aromatik karena memiliki aroma yang khas seperti bau pandan (Reddy dan Reddy 1987; Singh *et al.* 2000), karena itu beras aromatik memiliki nilai yang tinggi di banyak negara dunia dan menguasai harga tertinggi di semua tingkat industri beras global (Berner dan Hoff 1986), bahkan juga di Amerika Serikat. Harga ekspor beras aromatik adalah yang tertinggi pada pasar beras dunia (Petrov *et al.* 1996), meskipun demikian tidak mengurangi permintaan konsumen akan beras tersebut, Hal ini mengindikasikan bahwa tren selera telah mengalami pergeseran

Menurut hasil penelitian pasar oleh CBI Belanda, terjadi pertambahan kebutuhan beras di Uni Eropa terkait dengan perluasan keanggotaannya, kecenderungan akan makanan sehat, dan pola konsumsi yang praktis. Masyarakat Uni Eropa kini mulai memilih beras aromatik yang ditandai dengan meningkatnya konsumsi beras jenis ini. Beras aromatik tidak diproduksi di Eropa, sehingga memberi peluang bagi negara-negara berkembang untuk lebih langgeng sebagai pemasok. Uni Eropa merupakan importir beras

karena produksinya yang terbatas di Italia, Spanyol dan Perancis Selatan. Impornya cenderung meningkat walaupun lambat (www.cbi.eu/ownloa/mi_preview/4689.pdf2009). Commission of European Communities dalam Tava dan Bocchi (1999), menyatakan impor beras aromatik di Eropa mengalami peningkatan seiring dengan keinginan konsumen akan produk yang baru, bahkan di tahun mendatang permintaan impor ke negara Eropa diperkirakan mencapai 70.000 t/tahun.

Tingginya permintaan pasar dunia serta keuntungan yang dapat dihasilkan dari beras aromatik, membuat banyak pemulia tanaman dan ahli kimia pangan tertarik melakukan penelitian untuk merakit suatu varietas beras aromatik yang sesuai dengan keinginan konsumen tanpa mengabaikan faktor mutu lainnya. Banyak dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi komponen-komponen volatil yang terdapat pada beras aromatik untuk kemudian digunakan sebagai referensi dalam merakit suatu varietas beras aromatik baru.

Aroma beras aromatik tersusun dari campuran komponen aktif aroma yang kompleks. Namun komponen yang paling berkontribusi penting dalam memberikan aroma pada beras aromatik adalah 2-Acetyl-1-Pyroline (2-AP). Pada kultivar non-aromatik senyawa ini juga ditemukan, namun dalam konsentrasi yang sangat rendah dan biasanya diabaikan. 2-AP dideskripsikan oleh orang Amerika sebagai aroma mirip *popcorn*, dan aroma mirip pandan oleh orang Asia (Yang *et al.* 2008). Di alam, 2-AP juga dapat terdeteksi pada daun pandan (*Pandanus amaryllifolius*), dan terbentuk pada proses pemanggangan roti dan fermentasi kakao. 2-AP dapat ditemukan di semua bagian tanaman varietas padi aromatik, kecuali pada akar. Kandungan 2-AP relatif lebih tinggi pada bagian tanaman padi dibandingkan yang terdapat pada butir beras giling (Chen *et al.* 2008). Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan karakteristik 2-AP pada tanaman padi sehingga dapat membantu dalam menentukan teknik budidaya, pengolahan hasil dan penyimpanan beras aromatik yang tepat.

KOMPONEN AROMA BERAS AROMATIK

Seiring dengan pergeseran pola konsumsi konsumen yang mulai menyukai beras aromatik, Berbagai penelitian tersebut telah dilakukan oleh cukup banyak peneliti pada kurun waktu 20 tahunan hingga saat ini (Apintanapong 2004). Awalnya penelitian dilakukan oleh Bullard dan Holguin (1977) yang menyimpulkan bahwa komponen volatil pada beras disukai oleh tikus sawah. Sebanyak 73 komponen volatil teridentifikasi, termasuk didalamnya alkohol, aldehid, alkil aromatik, furan, keton, terpen, dan naptalen. Maga (1978) menyatakan, konsentrasi suatu komponen volatil berbeda antara beras aromatik dan beras non-aromatik. Senyawa volatil dengan konsentrasi tertinggi pada beras non-aromatik adalah 4-Vinilfenol, 1-Hexanol, dan 1-Hexanal yang tinggi, sedangkan pada beras aromatik adalah Indole, α -Pirolidin, dan satu

jenis senyawa yang belum teridentifikasi. Kesimpulan serupa diutarakan oleh Yajima *et al.* (1978) dalam Singh *et al.* (2000) yang menganalisa Koshikari (beras non-aromatik) dan Kaorimai (beras aromatik), lebih dari 100 senyawa volatil berhasil diidentifikasi. Kaorimai memiliki lebih banyak indole dan satu jenis senyawa volatil yang belum teridentifikasi dibandingkan dengan Koshikari. α -Pirolidin ditemukan pada Kaorimai namun tidak ditemukan pada Koshikari, sedangkan senyawa 4-Vinilfenol, n-Hexanol, dan n-Hexanal lebih banyak terdapat pada Koshikari dibandingkan dengan Kaorimai.

Pada tahun 1982, Buttery *et al.* mempelajari tujuh varietas beras, untuk pertama kalinya komponen volatil yang memiliki potensi memberikan aroma seperti aroma *popcorn* pada beras Asia berhasil diidentifikasi, yaitu senyawa 2-AP. Senyawa volatil pada beras biasanya ditentukan dengan mengumpulkan senyawa-senyawa tersebut, memisahkannya dengan kromatografi gas lalu mengidentifikasinya dengan menggunakan massa *spectrometry* (GC MS). Bullard dan Holguin (1977) menghaluskan beras menjadi 40 mesh kemudian dipanaskan pada suhu 50 °C selama 4 jam, selama masa itu senyawa volatil dikumpulkan untuk kemudian diidentifikasi.

Maga (1984) dan Tsugita (1985–1986) telah berhasil mengidentifikasi lebih dari 100 senyawa volatil pada beras yang dimasak. Namun tak satupun senyawa-senyawa tersebut berdiri sendiri dalam memberikan karakteristik aroma, baik pada beras giling maupun yang dimasak. Sehingga disimpulkan bahwa aroma pada nasi terbentuk karena gabungan dari banyak senyawa volatil. Meskipun telah banyak senyawa volatil yang terkandung dalam padi aromatik telah berhasil diidentifikasi, namun komponen volatil utama yang paling berkontribusi terhadap aroma beras aromatik adalah senyawa 2-AP (Buttery *et al.* 1983; Widjaja *et al.* 1996; Grimm *et al.* 2001; Jezussek *et al.* 2002 dalam Fitzgerald *et al.* 2008).

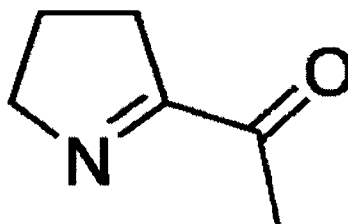
Kontribusi penting 2-AP ditegaskan oleh Lin *et al.* (1990) dan Ahmed *et al.* (1995) serta Tanchotikul dan Hsieh (1991) bahwa karakteristik aroma padi aromatik dihasilkan oleh 2-AP. Hal ini merupakan kebiasaan orang Asia untuk memasukkan daun pandan (*Pandanus amaryllifolius*) saat memasak beras non-aromatik untuk memberikannya aroma wangi. Mereka menemukan korelasi yang tinggi antara 2-AP di daun pandan dan padi aromatik. Menurut Buttery *et al.* (1983), konsentrasi 2-AP di daun pandan 10 kali lebih tinggi dibandingkan dengan padi aromatik dan 100 kali lebih tinggi dibandingkan dengan padi non-aromatik.

Perbedaan di antara beras aromatik dan non-aromatik bukan berdasarkan ada atau tidaknya 2-AP tetapi yang berbeda adalah kuantitasnya (Buttery *et al.* 1986). Konsentrasi 2-AP pada 10 varietas beras aromatik pecah kulit bervariasi antara 6–90 ppb (Buttery *et al.* 1983). Tanchotikul dan Hsieh (1991) mempelajari ambang bau 2-AP dengan menggunakan 16 orang panelis terlatih. Secara konstan, para panelis dapat mendeteksi konsentrasi 7 ppb. Derajat ambang diturunkan menjadi 0,1 ppb, ternyata pada konsentrasi serendah

itu hidung manusia masih dapat mendeteksinya. Studi ini memberikan kesimpulan bahwa konsentrasi 2-AP dalam jumlah yang kecil telah dapat memberikan aroma pada padi aromatik.

KARAKTERISTIK DAN KEBERADAAN 2-ACETYL-1-PYROLINE

2-Acetyl-1-Pyroline (2-AP) yang memiliki nama IUPAC 5-Acetyl-3,4-Dihydro-2H-Pyrol; atau 1-(3,4-Dihydro-2H-Pyrol-5-yl) dengan rumus formula C_6H_9NO , dengan berat molekul 111, 1417600 serta memiliki nilai densitas $1,09 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$. Senyawa ini meleleh pada suhu $19,00^\circ\text{C}$ (760,00 mm Hg) dan mendidih pada suhu $182,00\text{--}183,00^\circ\text{C}$ (760,00 mm Hg). Tampilannya sedikit kekuningan, namun cenderung tidak berwarna. 2-AP memiliki deskripsi aroma seperti daun pandan dengan kekuatan aroma sedang dan direkomendasikan untuk dibaui dalam larutan 1% atau kurang (www.thegoodscentscompany.com). Struktur gambar molekul 2-AP dapat dilihat pada Gambar 1.

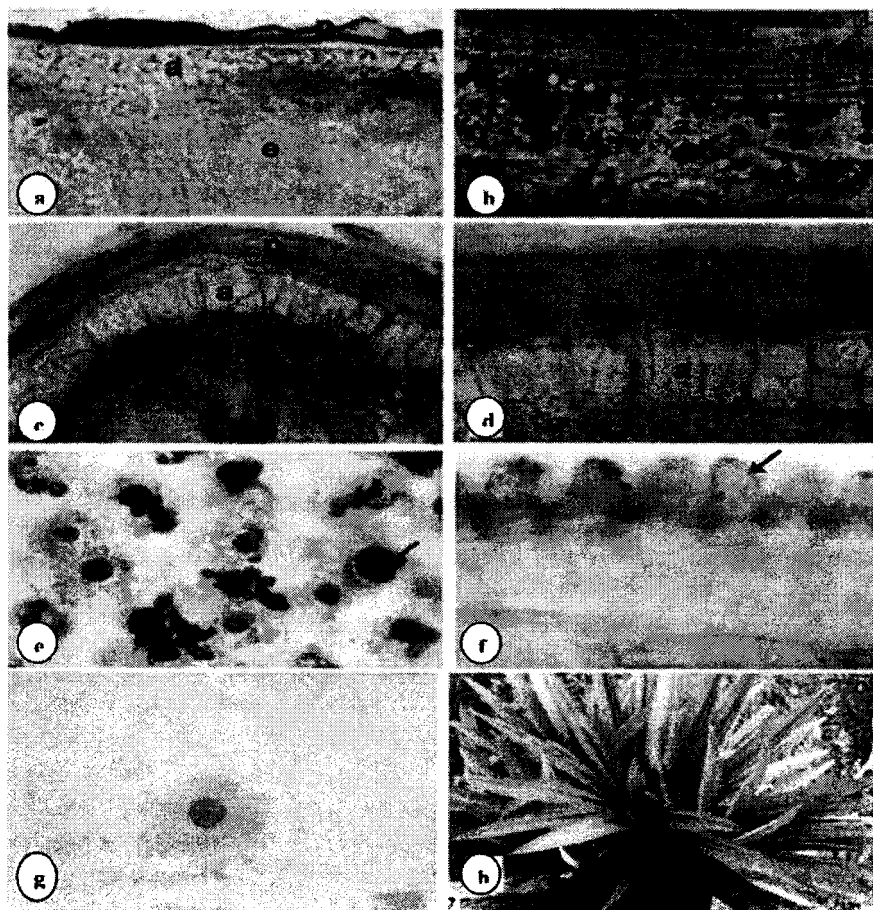


Gambar 1. Struktur molekul 2-Acetyl-1-Pyroline (2-AP).

2-AP teridentifikasi sebagai salah satu komponen flavor pada sereal yang dimasak dan produk sereal lainnya seperti, kulit roti, roti panggang, *popcorn*, produk jagung manis yang dimasak, ekstruksi tepung maizena yang dimasak, kue beras, *pastry*, dan aca (jenis sereal dari Sahel, Afrika) yang dimasak. 2-AP juga merupakan pemberi aroma pada kentang rebus, dan menjadi salah satu komponen aroma penting pada biji mangga liar yang dipanggang, daun tembakau yang diasapi. Senyawa ini juga terbentuk selama pemanasan daging buah Bacuri dan Cupuaccu. Juga terdeteksi pada minyak biji kacang, labu, madu, beberapa produk berbahan dasar kedelai, dan pada jamur (*pleurotus*) yang dimasak. Selain itu terdapat pada produk hewani seperti susu segar dan bubuk, keju *gruyere* swiss, daging babi Iberian asap, sosis mediteranian kering, daging sapi masak, filet ikan karpu rebus, salmon rebus, saus tuna, dan lain sebagainya. Namun pada semua kasus, 2-AP hanya terdapat dalam konsentrasi yang rendah. Penemuan tersebut membuat asumsi bahwa 2-AP mungkin terbentuk selama proses pengolahan dan pemasakan pada beras dan produk pangan lainnya, sebagai produk *extraordinary* dari reaksi *maillard* antara 1-Pyroline yang didapat dari hasil degradasi Proline, dan dua fragmen karbon gula (Adams dan Kimpe 2006).

Namun, beberapa studi mengenai deteksi gen pembawa sifat aromatik (Bradbury *et al.* 2005), studi tentang formasi 2-AP di suhu ruang pada tanaman yang telah diberi prekursor 2-AP (Yoshihashi *et al.* 2002), serta studi ekstraksi dan deteksi 2-AP tanpa menggunakan panas pada bulir beras (Sriseadka *et al.* 2006), menyimpulkan bahwa 2-AP pada beras yang dimasak bukan dari hasil reaksi *maillard*, melainkan karena reaksi sintesis dalam tanaman selama masa pertumbuhannya. Pemberian larutan Proline selama pembibitan padi, meningkatkan konsentrasi 2-AP hingga 3 kali lebih tinggi dibandingkan yang tidak diberi larutan Proline (Yoshihashi *et al.* 2002).

Studi histokimia 2-AP dilakukan oleh Nadaf *et al.* (2006) dengan menggunakan beras varietas aromatik (Basmati) dan beras non-aromatik (Jaya). Kedua varietas tersebut direndam semalaman lalu dipotong dengan menggunakan pisau Razor. Lapisan tipis yang diperoleh dari hasil pemotongan tersebut dimasukkan ke dalam larutan alkohol dengan konsentrasi yang beragam (10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 90%, dan alkohol absolut), kemudian diberi reagent 2,4-Dinitrofenil Hidrazin dan diinkubasi dalam oven bersuhu 60 °C selama 30 menit. Hasil studi ini terlihat pada Gambar 2. Gambar 2a menunjukkan terjadinya reaksi pada lapisan aleuron dengan adanya bintik oranye kemerah-merahan (perbesaran gambar dapat dilihat pada Gambar 2b). Pada varietas beras non-aromatik tidak terjadi reaksi (Gambar 2c dan 2d). Sebagai pembanding terlihat pada pada daun *Pandanus amaryllifolius*, yang kaya akan senyawa 2-AP menunjukkan bintik oranye kemerah-merahan (Gambar 2e, f). Ekstrak komponen volatil juga menunjukkan reaksi warna yang sama (Gambar 2g). senyawa 2,4-Dinitrofenil Hidrazin bereaksi dengan metil keton dan menjadi berwarna oranye kemerahan. Pada struktur molekul 2-AP (Gambar 1), terlihat bahwa senyawa ini memiliki cincin Pyroline yang tidak reaktif dan grup metil keton yang reaktif. Grup metil keton bereaksi dengan 2,4-Dinitrofenil Hidrazin sehingga membentuk 2-Asetil-Fenil Hidrazon yang berwarna oranye kemerahan



Gambar 2. Lokasi 2-Acetyl-1-Pyroline **a.** Penampang melintang aleuron dari caryopsis beras aromatik menunjukkan reaksi dengan 2,4-Dinitrophenyl Hidrazin, x800. **b.** Perbesaran gambar (**a**) menunjukkan warna oranye kemerah-merahan pada aleuron mengindikasikan adanya 2-Acetyl-1-Pyroline, x2000. **c.** Penampang melintang aleuron dari kariopsis beras non-aromatik menunjukkan tidak adanya reaksi dengan 2,4-Dinitrophenyl Hidrazin, x800. **d.** Perbesaran gambar (**c**) menunjukkan tidak adanya reaksi pada aleuron, x2000. **e.** Permukaan papila epidermal dari daun *P. amaryllifolius* roxb. Menunjukkan adanya reaksi antara 2-Acetyl-1-Pyroline dengan 2,4-Dinitrophenyl Hydrazine (tanda panah), x2000. **f.** penampang melintang papila epidermal daun *P. amaryllifolius* roxb. menunjukkan reaksi antara 2-Acetyl-1-Pyroline dengan 2,4-Dinitrophenyl Hydrazine (tanda panah), x2000. **g.** reaksi pada kertas kromatograf menggunakan ekstrak volatil *P. amaryllifolius* roxb. **h.** *P. amaryllifolius* roxb. (a, aleuron; e, endosperm; p, pericarp).

STABILITAS 2-ACETYL-1-PYROLINE PADA BERAS AROMATIK

Menjaga aroma pada beras aromatik adalah hal yang sangat penting untuk mempertahankan nilai agribisnisnya. Metode pengeringan dan penyimpanan merupakan proses pascapanen yang menentukan dalam mempertahankan aroma pada beras aromatik. Namun selama penyimpanan aroma pada beras dapat mengalami penurunan sebagai akibat dari berbagai mekanisme berbeda seperti pemutusan ikatan, difusi ke lingkungan, dan pembentukan senyawa volatil yang tidak diinginkan. Untuk mempelajari kehilangan 2-AP pada beras, studi dilakukan dengan menyimpan tiga sampel, yaitu padi, gabah, dan beras giling pada suhu 30 °C dan dengan dua kondisi ruang penyimpanan yang berbeda yaitu pada ruangan biasa dan ruangan dengan kelembaban 84%. Setelah penyimpanan selama tiga bulan, konsentrasi 2-AP pada semua sampel mengalami penurunan 40–50%. Namun metode pengeringan pada suhu rendah dapat lebih mempertahankan konsentrasi 2-AP (Adam dan Kimpe 2006).

Pengeringan dan penyimpanan merupakan proses pascapanen yang cukup berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi 2-AP. Dari enam perlakuan metode pengeringan, yaitu memodifikasi suhu udara menjadi 30 °C dan 40 °C, pengeringan suhu panas 40,50 °C dan 70 °C serta pengeringan dengan cara penjemuran (*sun drying*). Secara umum selama 10 bulan penyimpanan, konsentrasi 2-AP mengalami penurunan. Namun, beras yang menggunakan metode pengeringan suhu rendah (30 °C dan 40 °C) menunjukkan konsentrasi 2-AP yang lebih tinggi serta lebih sedikit konsentrasi senyawa volatil yang tidak disukai dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya (Wongpornchai *et al.* 2003).

Penyimpanan beras aromatik dilakukan dalam kemasan *poly propylene* (PP) dan kemasan *poly propylene* alumunium/linier low density *poly ethylene* (OPP/Al/LLDPE) yang divakum. Hasilnya menunjukkan bahwa selama enam bulan penyimpanan, rata-rata konsentrasi 2-AP pada beras yang dikemas dengan PP 41% sedangkan yang menggunakan kemasan OPP/Al/LLDPE vakum 57%. Hasil tersebut menunjukkan kemasan OPP/Al/LLDPE vakum lebih baik dari PP, karena memiliki OTR (*Oxygen Transmission Rate*) yang rendah dan lebih terlindung dari cahaya. Studi memberikan kesimpulan bahwa cahaya dan keberadaan oksigen kemungkinan berpengaruh terhadap penurunan kadar 2-AP (Tulyathan *et al.* 2008).

Yoshihashi *et al.* (2004) berpendapat bahwa kondisi lingkungan mempengaruhi konsentrasi 2-AP pada beras. Oleh karena itu, kultivar beras aromatik tertentu akan berbeda konsentrasi 2-AP apabila ditanam ditempat yang berbeda dari tempat asalnya. Pengujian tentang konsentrasi 2-AP dilakukan pada beberapa sampel beras di Thailand menunjukkan bahwa sampel beras dari sawah irigasi memiliki kandungan 2-AP yang lebih rendah dibandingkan beras dari sawah tadah hujan. Kondisi kekeringan selama kultivasi seperti ini memiliki kontribusi penting pada beras aromatik.

Studi lain mengatakan bahwa aroma pada beras dipengaruhi bukan hanya oleh kondisi lingkungan, namun juga faktor genetik. Berner dan Hoff (1986) menyimpulkan bahwa satu gen resesif yang mengendalikan sifat aromatik Della (salahsatu varietas padi aromatik). Dengan menggunakan teknologi RFLP diketahui bahwa gen ini terdapat pada kromosom ke-8 (Ahn *et al.* 1992). Beberapa studi lain (Ghose dan Butany 1952; Sood dan Siddiq 1978; Reddy dan Reddy 1987) menyatakan sifat aroma dipengaruhi satu gen resesif. Namun, Kadam dan Patankar (1983) menyatakan hal yang berbeda, bahwa sifat aroma dipengaruhi oleh satu gen dominan. Dhulappanavar dan Mensinkai (1969) menerjemahkan kedua hasil studi yang berbeda tersebut sebagai indikasi adanya dua gen aroma dominan yang saling mempengaruhi dalam berduplikasi dan saling melengkapi. Reddy dan Sathyanarayanaiah (1980) menyimpulkan ada tiga gen aroma resesif yang saling melengkapi. Dhulappanavar (1976), ada empat gen aroma resesif yang saling melengkapi. Studi mengenai genetika beras aromatik memberikan kesimpulan yang berbeda-beda dan membingungkan, namun Pinson (1994) menjelaskan bahwa salah satu penyebab kebingungan mengenai gen aroma adalah karena varietas yang dianalisa berbeda.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari uraian di atas adalah:

1. Aroma beras aromatik tersusun dari campuran komponen aktif aroma yang kompleks.
2. Senyawa volatil yang berkontribusi memberikan aroma khas pada beras aromatik adalah 2-AP.
3. Letak 2-AP pada beras aromatik adalah pada lapisan aleuron.
4. Faktor genetik, lingkungan, dan metode budidaya menentukan kandungan serta konsentrasi 2-AP.
5. Gen aroma merupakan gen resesif yang terletak pada kromosom ke-8.
6. Proses pascapanen sangat menentukan dalam mempertahankan konsentrasi 2-AP.
7. Cahaya dan keberadaan oksigen kemungkinan berpengaruh terhadap penurunan kadar 2-AP.
8. Pengeringan dengan suhu rendah serta pengemasan vakum menggunakan kantong OPP/Al/LLDPE dapat lebih mempertahankan aroma beras aromatik.

SARAN

Pengaruh lingkungan seperti ketinggian tempat, kelembaban, dan intensitas sinar matahari terhadap pembentukan 2-AP pada beras aromatik perlu diteliti lebih lanjut mengingat penelitian hal tersebut masih sangat terbatas. Selain itu, metode pengolahan pascapanen serta cara pengemasannya masih juga perlu

diteliti guna mendapatkan metode yang lebih sederhana dan dapat mudah diterapkn oleh petani. sehingga efektif dalam mengurangi laju kehilangan senyawa 2-AP pada beras aromatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, A. and N.D. Kimpe. 2006. Chemistry of 2-Acetyl-1-Pyroline, 6-Acetyl-1,2,3,4-Tetrahydropyridine, 2-Acetyl-2-Thiazoline, and 5-Acetyl-2,3-Dihydro-4H-Thiazine: Extraordinary Maillard Flavor Compounds. American Chemical Society. Chemical. Revisi. 106. p. 2299–2319.
- Ahmed, S.A., I. Borua, C.R. Sarkar, and A.C. Thakur. 1996. Volatile component (2-Acetyl-1-Pyroline) in scented rice. *In: Proceedings of the Seminar on Problems and Prospects of Agricultural Research and Development in North East India*, Assam Agricultural University, Jorhat, India, 27–28 November, 1995. p. 55–57.
- Ahn, S.N., C.N. Bollich, and S.D. Tanksley. 1992. RFLP Tagging of a Gene for Aroma in Rice. *Theor. Appl. Genet.* Vol.84. p. 825–828.
- Apintanapong, M. 2004. Rice and It is Aroma. Asian Institute of Technology. Publication Academic. p. 2546–2547.
- Bemer, D.K. and B.J. Hoff. 1986. Inheritance of Scent in American Long Grain Rice. *Crop Science* Vol. 26. p. 876–878.
- Bradbury, L.M.T., T.L. Fitzgerald, R.J. Henry, Q. Jin, and D.L.E. Waters. 2005. The gene for fragrance in rice. *In: Plant Biotechnology Journal* Vol. 3. p. 363–370.
- Bullard, R.W. and G. Holguin. 1977. Volatile components of unprocessed rice (*Oryza sativa*). *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 25. 99 p.
- Buttery, R.G., L.C. Ling, Bienvenido, Juliano, and J.G. Turnbaugh. 1983. Cooked rice aroma and 2-Acetyl-1-Pyrroline. *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 3(1). p. 823–828.
- Buttery, R.G., L.C. Ling, and T.R. Mon. 1986. Quantitative analysis of 2-Acetyl-1-Pyrroline in rice. *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 34. p. 112–114.
- Chen, S., Y. Yang, W. Shi, Q. Ji, F. He, Z. Zhang, Z. Cheng, X. Liu, and M. Xu. 2008. Badh2, encoding betaine aldehyde dehydrogenase, inhibits the biosynthesis of 2-Acetyl-1-Pyroline, a major component in rice fragrance. *In: American Society of Plant Biologists. The Plant Cell*, Vol. 20. p. 1850–1861.
- Dhulappanavar, C.V. 1976. Inheritance of scent in rice. *In: Euphytica* Vol.25. p. 659–662.

- Dhulappanavar, C.V. and S.W. Mensinkai. 1969. Inheritance of scent in rice. Karnataka Univ. In: J. (cited by Tripathi and Rao, 1979). Vol.14. p. 125–129.
- Fitzgerald, M.A., N. Ruairaidh, S. Hamilton, M.N. Calingacion, H.A. Verhoeven, and V.M. Butardo. 2008. Is there a second fragrance gene in rice?. In: Plant Biotechnology Journal. p. 416–423.
- Ghose, R.L.M. and W.T. Butany. 1952. Studies on the inheritance of some characters in rice (*Oryza sativa* L.). Indian. In: Genet. Plant Breed. Vol. 12. p. 26–30.
- Grimm, C.C., C. Bergman, J.T. Delgado, and R. Bryant. 2001. Screening for 2-Acetyl-1-Pyroline in the headspace of rice using SPME/GC-MS. In: J. Agric. Food Chem. 2001, Vol. 49(1). p. 245–249.
- Kadam, B.S. and V.K. Patankar. 1983. Inheritance of aroma in rice. In: Chron. Bot. Vol.4. 32 p.
- Lin, C.F., R.C.Y. Hsieh, and B.J. Hoff. 1990. Identification and quantification of the popcorn-like aroma in Louisiana aromatic Della rice (*Oryza sativa*). In: J. Food Sci. Vol.35. p. 1466–1467.
- Maga, J.A. 1978. Cereal volatiles: A review. In: J. Agric. Food Chem. Vol.26. p. 175–178.
- Maga, J.A. 1984. Rice product volatiles: a review. In: J. Agric. Food Chem. Vol. 32. p. 964–970.
- Nadaf, A.B., S. Krishnan, and K.V. Wakte. 2006. Histochemical and biochemical analysis of major aroma compound (2-Acetyl-1-Pyroline) in Basmati and other scented rice (*Oryza sativa* L.). Current science, Vol. 91, No. 11. p. 1533–1536.
- Petrov, M., M. Danzart, P. Giampaoli, J. Faure, dan H. Richard. 1996. Rice aroma analysis: discrimination between a scented and a non-scented rice. In: Sciences des Aliments. Vol.16. p. 347–360.
- Pinson, S.R.M. 1994. Inheritance of aroma in six cultivars. In: Crop Sci. Vol. 34. p. 1151–1157.
- Reddy, P.R. and K. Sathyanarayanaiah. 1980. Inheritance of aroma in rice. In: Indian J. Genet. Plant Breed. Vol. 40. p. 327–329.
- Reddy, V.D. dan G.M. Reddy. 1987. Genetic and biochemical basis of scent in rice (*Oryza sativa*). In: Theor. Appl. Genet. Vol. 73. p. 699–700.
- Singh, R.K., U.S. Singh, and G.S. Singh. 2000. Aromatic Rice. Oxford & IBH Publishing Co.Pvt.Ltd. New Delhi Calcutta.
- Sood, B. C. and E.A. Siddiq. 1978. A rapid technique for scent determinations in rice. In: Indian J. Genet. Plant Breed. Vol. 38. p. 2268–2271.

- Sriseadka, T., S. Wongpornchai, and P. Kitsawatpaiboon. 2006. Rapid method for quantitative analysis of the aroma impact compound, 2-Acetyl-1-Pyroline, in fragrant rice using automated headspace gas chromatography. *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 54. p. 8183–8189.
- Tanchotikul, U. and T.C.Y. Hsieh. 1991. An improved method for quantification of 2-Acetyl-1 -Pyroline, a "popcorn"-like aroma, in aromatic rice by high-resolution Gas Chromatography/Mass Spectrometry/Selected Ion Monitoring. *In: American Chemical Society. J. Agric. Food Chem.* Vol. 1091(39). p. 944–947.
- Tava, A. and S. Bocchi. 1999. Aroma of cooked rice (*Oryza sativa*): Comparison between commercial Basmati and Italian line B5-3. *In: American Association of Cereal Chemists, Inc. Cereal Chem.* 76(4): 526–529.
- Tsugita, T. 1985–1986. Aroma of cooked rice. *In: Food Rev. Intl.* Vol. 1. p. 497–520.
- Tulyathan. V., N. Srisupattarawanich, and A. Suwanagul. 2008. Effect of rice flour coating on 2-Acetyl-1-Pyroline and n-hexanal in brown rice cv. Jao Hom Supanburi during storage. *In: J. Postharvest Biology and Technology* 47. p. 367–372.
- Widjaja, R.I., J.D. Craske, and M. Wootton. 1996. Comparative studies on volatile components of non-fragrant and fragrant rice's. *In: J. Sci. Food Agric.* 70. p. 151–161.
- Wongpornchai, S., T. Sriseadka, and S. Choonvisase. 2003. Identification and quantization of the rice aroma compound, 2-Acetyl-1-Pyroline, in bread flowers (*Vallaris glabra* Ktze). *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 51. p. 457–462.
- www.cbi.eu/download/mid_preview/4689.pdf. The rice and pulses market in The Netherlands. Publication date: March, 2009. Diakses tanggal 4 Juni 2009.
- www.thegoodscentscompany.com/data/rw1583501.html. 2-Acetyl-1-Pyroline. Diakses tanggal 20 Mei 2009.
- Yang, D.S., R. Shewfelt, K.S. Lee, and S.J. Kays. 2008. Comparison of odor-active compounds from six distinctly different rice flavor types. *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 56. p. 2780–2787.
- Yoshihashi, T., T.T.H. Nguyen, and H. Inatomi. 2002. Precursors of 2-Acetyl-1-Pyroline, a potent flavor compound of an aromatic rice variety. *In: J. Agric. Food Chem.* Vol. 50(7). p. 2001–2004.
- Yoshihashi, T., T.T.H. Nguyen, and N. Kabaki. 2004. Area dependency of 2-Acetyl-1-Pyrroline content in an aromatic rice variety, Khao Dawk Mali 105. *In: JARQ* Vol. 38 (2). p. 105–109.