

# PENGARUH PENGUKUSAN TERHADAP KANDUNGAN ORYZANOL DAN PERUBAHAN SIFAT KIMIA MINYAK BEKATUL PADI UNGGUL SELAMA PENYIMPANAN

Y. Marsono \*)

## ABSTRACT

Rice brans of three superior rice cultivars (IR-64, PB-36 and Cisadane) were steamed at 100 °C for 15 min, extruded and dried in an oven at 40-50 °C then stored in plastic containers at the ambient temperature for three months. Changes in rice bran oil and the oryzanol contents as well as chemical properties of the oil after steaming and storage were investigated.

In all rice cultivars investigated steaming increased oil content of the rice bran. The process decreased free fatty acid and Iodine values, but increased the peroxide value of the oil extracted from rice brans. The oryzanol content of rice oils were relatively constant. During three months storage at the ambient temperature, the oil content decreased but the oryzanol tended to increase. Iodine value of the oil extracted from rice brans significantly decreased, peroxide value increased until the second month but then decreased in the last month. Free fatty acids gradually increased during the storage time.

## PENDAHULUAN

Meningkatnya kesejahteraan serta ketersediaan pangan telah menimbulkan akibat yang tidak diinginkan yaitu naiknya kematian karena penyakit degeneratif. Sebagai gambaran, survey kesehatan rumah tangga di Indonesia tahun 1992 menunjukkan bahwa penyebab kematian utama telah bergeser dari penyakit infeksi pada tahun 1986 menjadi penyakit jantung pada tahun 1992. Sementara itu telah diprediksi bahwa pada tahun 2020 nanti penderita diabet di Indonesia akan mencapai 3,7 juta orang (Soekirman *et al.*, 1992). Oleh karena itu upaya pencegahan penyakit ini lewat pengaturan konsumsi zat gizi menjadi sangat penting untuk dipertimbangkan. Untuk itu perlu dicari alternatif bahan makanan yang mempunyai kelebihan ditinjau dari sifat-sifat gizinya. Bekatul merupakan salah satu alternatif bahan pangan yang patut dipertimbangkan selain karena bekatul kaya akan zat gizi terutama protein, lemak, serat pangan dan vitamin, tetapi juga karena bahan tersebut telah terbukti mempunyai sifat hipokolesterolemik.

Selama ini bekatul hanya dikenal sebagai campuran pakan. Dengan produksi beras lebih dari 45 juta ton (BPS,

1992), Indonesia dapat menghasilkan bekatul lebih dari 4,5 juta ton per tahun. Dengan kandungan lemak kasar sekitar 17-22% (Coffman dan Juliano, 1987) potensi minyak bekatul Indonesia mencapai lebih dari 765.000 ton per tahun. Jumlah ini lebih besar daripada 40% produksi minyak kelapa sawit yang menjadi primadona produk perkebunan Indonesia (BPS, 1992). Di China, Jepang, Korea, Taiwan, Thailand dan Pakistan, minyak bekatul sudah lama diproduksi secara komersial dan merupakan salah satu minyak makan yang dikonsumsi (Rukmini and Raghuran, 1991).

Di Indonesia, minyak bekatul belum diproduksi secara komersial dan dimanfaatkan secara optimal. Padahal dari segi gizi minyak bekatul telah terbukti sangat baik untuk pencegahan kolesterol tinggi. Minyak bekatul sangat potensial sebagai sumber asam lemak tidak jenuh tunggal dan majemuk (mono dan polyunsaturated fatty acids) masing-masing berkisar 40-50% dan 29-42% (Babcock, 1987). Penelitian Marsono (1993) mengenai komposisi asam lemak minyak bekatul varietas Kruing Aceh yang merupakan salah satu padi unggul di Indonesia, menunjukkan bahwa asam lemak tidak jenuh tunggal (asam oleat) sebesar 41,3%, asam tidak jenuh ganda (asam linoleat) sebesar 34,0% dan asam lemak jenuh yang didominasi oleh asam palmitat hanya sebesar 19,8%. Asam oleat dan linoleat telah terbukti mempunyai kemampuan untuk menurunkan kandungan kolesterol (Grundy, 1987). Penelitian serupa yang dilakukan oleh Matson dan Grundy (1985) menunjukkan bahwa: (a) Oleat dan linoleat memberikan pengaruh yang sama yaitu dapat menurunkan total kolesterol, (b) Oleat mempunyai kelebihan dibanding linoleat karena asam lemak ini menurunkan total kolesterol tetapi tidak menurunkan HDL kolesterol sedang asam linoleat menurunkan total kolesterol tetapi juga menurunkan HDL kolesterol, (c) pengaruh asam oleat dan linoleat terhadap pasien hiper-trigliserida tidak konsisten. Penemuan serupa juga dilaporkan oleh Grundy *et al.* (1988). Karena LDL menaikkan resiko Penyakit Jantung Koroner (PJK) sebaliknya HDL melindungi atau mencegah PJK (Miller and Miller, 1975), maka efek asam oleat sangat menjanjikan untuk pencegahan PJK. Studi di Australia menunjukkan bahwa produk yang kaya akan asam lemak tidak jenuh tunggal sangat baik bagi kesehatan dan lebih stabil dalam melawan oksidasi daripada asam lemak tidak jenuh ganda (Abbey *et al.*, 1993).

\*) Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian UGM

Minyak bekatul juga mengandung oryzanol yang merupakan sumber suatu ester asam ferulat (Seetharamaiah and Chandrasekhara, 1988) dan pernah dilaporkan mempunyai efek hypokholesterolemik pada tikus (Nakayama *et al.*, 1978), babi (Marsono, *et al.*, 1993) atau kera (Nicolosi *et al.*, 1991). Kemampuan bekatul untuk menurunkan kolesterol juga telah diuji oleh sejumlah peneliti. Peneliti dari CSIRO Australia (Topping *et al.*, 1990) melaporkan bahwa pada tikus, bekatul beras yang telah diproses dengan pemanasan mempunyai kemampuan untuk menurunkan kolesterol yang lebih baik dibanding bekatul gandum yang belum diproses. Sementara itu pada waktu yang sama kelompok peneliti lain melaporkan bahwa pada manusia, bekatul beras mempunyai efek lebih baik daripada bekatul gandum, tetapi kurang baik dibanding bekatul oat (Kestin, *et al.*, 1990).

Pemanasan dengan cara pengukusan sangat populer dilakukan dirumah tangga ataupun di pabrik (misalnya dalam proses ekstrusi). Sementara masih sangat sedikit informasi mengenai pengaruh pemanasan dengan cara ini terhadap kandungan zat gizi bekatul yang diolah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pengukusan bekatul terhadap perubahan sifat kimia minyak bekatul serta kandungan oryzanolnya selama penyimpanan. Banyak sekali varietas padi yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia namun hanya beberapa varietas yang dianjurkan untuk ditanam karena alasan keunggulan antara lain produksinya tinggi atau karena tahan terhadap hama, misalnya Cisadane, IR-64 dan PB-36. Penelitian ini juga ingin mempelajari apakah antara beberapa varietas padi unggul yang biasa ditanam di Indonesia terdapat perbedaan kandungan oryzanol dan lemak beserta sifat-sifatnya setelah mengalami pengukusan dan penyimpanan seperti tersebut di atas.

## BAHAN DAN METODA PENELITIAN

Bahan pokok untuk penelitian ini adalah bekatul dari tiga varietas padi unggul (IR-64, PB-36 dan Cisadane). Gabah tersebut diperoleh dari Perum Sang Hyang Seri Yogyakarta dalam keadaan kering giling. Gabah yang diperoleh digiling ditempat penggilingan rumah tangga di Desa Condongcatur, Depok, Kabupaten Sleman, untuk mendapatkan bekatul yang selanjutnya siap digunakan dalam penelitian ini. Standar oryzanol diperoleh dari Rice Growers'Co., Australia. Sedangkan bahan kimia lain kualitas pro analisis diperoleh dari toko bahan kimia di Yogyakarta.

Bekatul dari ketiga varietas tersebut dianalisis kadar airnya dengan metode pemanasan oven (Osborne & Voogt, 1978). Kadar abu ditentukan dengan metode pembakaran (Pearseon, 1973). Lemak ditentukan dengan metode Soxhlet (Slamet Sudarmadji *et al.*, 1981), analisis kadar pati menggunakan metode Hidrolisis Asam (AOAC, 1970), sedang kadar protein ditentukan dengan metode Mikro-

Kjeldahl (Slamet Sudarmadji *et al.*, 1981). Minyak diekstraksi dengan hexane dan dilakukan analisis angka peroksida, asam lemak bebas serta angka Iodine (Slamet Sudarmadji *et al.*, 1981). Kadar oryzanol minyak bekatul ditentukan dengan metode spektrofotometri (Seetharamaiah dan Prabhakar, 1986).

Bekatul ditambah dengan air (perbandingan 10 : 6) dan diaduk sehingga diperoleh pasta semisolid. Lalu dilakukan pengukusan selama 15 menit. Terhadap bekatul yang sudah dikukus tersebut dilakukan ekstrusi, sehingga diperoleh "pellet" dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 40-50° C. Lalu dilakukan analisis kadar air dan lemak. Kemudian bekatul diekstraksi dengan hexane untuk memperoleh minyaknya. Terhadap minyak bekatul hasil ekstraksi dilakukan analisis kadar oryzanol, angka Iodine, angka peroksida dan asam lemak bebas dengan metode yang sama untuk bekatul segar tersebut di atas.

Bekatul kering dimasukkan di dalam toples plastik tertutup selama 3 bulan. Setiap bulan dilakukan analisis kadar air dan lemak, juga dilakukan ekstraksi minyak dan analisis oryzanol serta sifat-sifat minyak seperti tersebut di atas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kadar air dan lemak bekatul selama penyimpanan

Dalam preparasi bahan sebelum pemanasan, bekatul ditambah air (60 ml/100 g bahan), sehingga diperoleh bentuk pasta. Setelah pemanasan terjadi penurunan kadar air bahan yang ternyata mencapai kadar air yang lebih rendah daripada bahan segarnya (Tabel 1). Penurunan air ini wajar karena adanya perlakuan panas akan menyebabkan penguapan.

Tabel 1. Kadar air bekatul segar (sebelum dikukus) dan bekatul yang dikukus, dikeringkan lalu disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan (%).\*

Sampel	Varietas		
	IR - 64	PB - 36	Cisadane
Sebelum dikukus	12,7±0,1	12,1±0,1	11,0±0,1
Setelah dikukus & dikeringkan	8,1±0,2	7,9±0,1	7,6±0,2
Dikukus dan diimpan 1 bulan	11,6±0,2	11,2±0,4	10,8±0,2
dikukus dan disimpan 2 bulan	12,4±0,2	12,0±0,2	12,4±0,1
Dikukus dan didimpan 3 bulan	12,5±0,2	12,4±0,3	13,0±0,2

\*) Rerata 3 kali ulangan

Tampak bahwa selama penyimpanan terjadi kenaikan kadar air yang menunjukkan adanya absorpsi air dari udara sekitar selama penyimpanan. Hal tersebut dimungkinkan karena kadar air bekatul relatif rendah pada awal penyimpanan sedangkan bekatul bersifat higroskopis.

Pengukusan menyebabkan kenaikan kadar lemak tetapi selama penyimpanan ada kecenderungan terjadi penurunan kadar lemak, meskipun relatif kecil ( $< 1\%$ ), seperti terlihat pada Tabel 2. Kenaikan kadar lemak setelah pengukusan tidak begitu jelas penyebabnya, namun ada kemungkinan kenaikan tersebut hanya secara relatif saja; yang disebabkan oleh penurunan bahan padat lain (misal gula dan protein) karena terjadinya "drip" atau penetasan selama pengukusan. Kontak antara air hasil kondensasi uap air dengan bahan padat terlarut selama proses pengukusan dapat mengakibatkan larutnya bahan tersebut, dan bila terjadi "drip", bahan padat terlarut tersebut ikut terbawa di dalam "drip". Penurunan lemak selama penyimpanan yang sangat kecil tersebut diduga karena adanya kerusakan lemak, misalnya karena proses oksidasi. Dugaan ini didukung oleh data lain pada Tabel 4; 5 dan 6, yaitu terjadinya penurunan angka Iodine, kenaikan angka peroksida dan asam lemak bebas.

## 2. Kadar orizanol minyak bekatul

Pengukusan nampaknya tidak mengakibatkan perubahan kadar orizanol secara bermakna sedang penyimpanan selama tiga bulan mengakibatkan perubahan yang tidak konsisten yaitu mula-mula naik kemudian turun lagi (pada varietas IR-6 dan PB-36) atau mula-mula turun kemudian naik lagi (pada varietas Ciasadane). Namun secara keseluruhan ada kecenderungan terjadinya kenaikan (Tabel 3). Kecenderungan kenaikan kadar orizanol tersebut tidak diketahui secara jelas penyebabnya, kemungkinan disebabkan oleh turunnya/ hilangnya komponen lain dari minyak, misalnya produk oksidasi yang bersifat mudah menguap; sehingga hal tersebut akan menaikkan orizanol secara relatif (prosentase). Nampaknya diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai hal ini, lebih-lebih dengan mengingat bahwa sampai saat ini informasi mengenai orizanol masih sangat langka.

Tabel 2. Kadar lemak bekatul segar dan bekatul yang dikukus, dikeringkan lalu disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan (% bk)\*

Sampel	Varietas		
	IR - 64	PB - 36	Ciasadane
Sebelum dikukus	15,2±0,3	14,0±0,2	18,5±0,3
Setelah dikukus & dikeringkan	16,0±0,1	15,1±0,1	19,2±0,2
Dikukus dan disimpan 1 bulan	15,9±0,3	15,1±0,2	18,9±0,7
dikukus dan disimpan 2 bulan	15,9±0,2	14,9±0,2	18,8±0,2
Dikukus dan disimpan 3 bulan	14,5±0,2	13,3±0,2	18,5±0,4

\*) Rerata 3 kali ulangan

Tabel 3. Kadar orizanol minyak bekatul yang diekstrak dari bekatul segar dan bekatul yang dikukus, dikeringkan lalu disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan (mg/g minyak)\*

Sampel	Varietas		
	IR - 64	PB - 36	Ciasadane
Sebelum dikukus	4,9±0,6	6,2±0,8	6,5±0,4
Setelah dikukus & dikeringkan	4,7±1,1	5,9±0,1	6,7±0,2
Dikukus dan disimpan 1 bulan	8,7±0,3	11,0±0,2	6,2±0,1
dikukus dan disimpan 2 bulan	7,9±0,0	8,5±0,1	6,9±0,1
Dikukus dan disimpan 3 bulan	4,2±0,0	10,6±0,1	8,9±0,0

\*) Rerata 3 kali ulangan

## 3. Sifat-sifat kimia minyak bekatul dan perubahannya selama penyimpanan

Sifat-sifat kimia minyak bekatul yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah angka Iodine, angka peroksida dan asam lemak bebas. Angka Iodine menunjukkan tingkat ketidak jenuhan asam lemak, sedangkan asam lemak bebas (ALB) menyatakan banyaknya (%) asam lemak (oleat) yang tidak terikat dalam bentuk gliserida maupun lemak kompleks. Sedangkan peroksida yang merupakan hasil antara oksidasi lemak dan menjadi salah satu parameter kerusakan lemak oleh oksidasi dinyatakan sebagai angka peroksida.

Tabel 4. Angka Iodine minyak yang diekstrak dari bekatul segar dan bekatul yang dikukus, dikeringkan lalu disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan (ml Na thio / g lemak)\*

Sampel	Varietas		
	IR - 64	PB - 36	Ciasadane
Sebelum dikukus	89,4±0,3	93,0±0,3	95,0±0,2
Setelah dikukus & dikeringkan	65,0±0,7	74,4±0,5	68,6±0,7
Dikukus dan disimpan 1 bulan	47,8±0,1	56,5±0,1	39,9±0,1
dikukus dan disimpan 2 bulan	20,6±0,2	47,6±0,1	27,5±0,2
Dikukus dan disimpan 3 bulan	11,8±0,1	35,8±0,7	26,8±0,1

\*) Rerata 3 kali ulangan

Bekatul dari varietas padi yang diuji mengalami penurunan angka Iodine setelah pemanasan (Tabel 4) yang berlanjut terus selama penyimpanan. Hal ini memberikan indikasi terjadinya penurunan asam lemak tidak jenuh, sesuai dengan yang dilaporkan oleh Lee *et. al.* (1965). Salah satu kemungkinannya adalah terjadinya

oksidasi. Hal ini didukung dengan adanya kenaikan angka peroksida (Tabel 5).

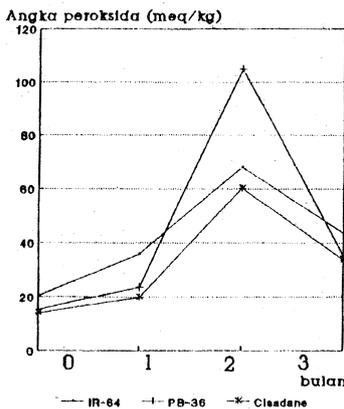
Tabel 5. Angka Peroksida minyak yang diekstrak dari bekatul segar dan bekatul yang dikukus, dikeringkan lalu disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan (meq/kg lemak)\*

Sampel	Varietas		
	IR - 64	PB - 36	Ciasadane
Sebelum dikukus	9,5±0,2	10,7±0,2	8,7±1,1
Setelah dikukus & dikeringkan	20,5±0,8	15,3±1,3	14,1±0,8
Dikukus dan disimpan 1 bulan	36,0±0,1	23,8±0,1	19,9±0,2
dikukus dan disimpan 2 bulan	68,1±0,4	105,0±0,3	60,3±0,9
Dikukus dan disimpan 3 bulan	43,7±0,6	35,3±2,0	33,9±1,5

\*) Rerata 3 kali ulangan

Pemanasan (pengukusan) sebenarnya ditujukan untuk inaktivasi enzim sehingga dapat menekan oksidasi lemak. Namun dalam penelitian ini, ternyata pemanasan yang diberikan masih menyebabkan kenaikan angka peroksida (Gambar 1).

Shaheen, *et al.*, (1975) melaporkan bahwa parboiling menaikkan angka peroksida minyak bekatul, sampai dengan penyimpanan bulan ke tiga dan turun dengan tajam setelah



Gambar 1. Angka peroksida (meq/kg minyak) minyak yang diektrak dari bekatul yang dikukus dan disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan.

waktu tersebut. Kecenderungan serupa juga terlihat pada penelitian ini, yaitu bahwa selama penyimpanan mula-mula terjadi kenaikan angka peroksida, tetapi kemudian menurun pada bulan ke 3 (Gambar 1). Naiknya angka peroksida menunjukkan terjadinya oksidasi. Meskipun terjadi inaktivasi enzim mungkin juga terjadi kerusakan antioksidan akibat pemanasan, sehingga perlindungan terhadap oksidasi juga berkurang, sementara mungkin

tidak seluruh enzim bisa diinaktifkan oleh panas yang diberikan. Hal tersebut sesuai dengan yang dilaporkan oleh Srimani *et al.* (1977) bahwa pemanasan bekatul (120 °C, 15 menit) masih meninggalkan aktivitas lipase sebesar 13%. Dalam penelitian ini pemanasan hanya dilakukan pada suhu 100°C selama 15 menit, sehingga bisa diduga bahwa aktifitas lipase masih lebih besar dari yang dilaporkan oleh Srimani dan kawan-kawannya.

Sedang penurunan angka peroksida setelah bulan ke dua kemungkinan disebabkan oleh adanya sebagian peroksida yang sudah diubah lebih lanjut menjadi aldehid atau asam. Ini didukung dengan pengamatan adanya kenaikan asam lemak bebas pada minyak bekatul, terutama pada penyimpanan bulan ke 3 (Tabel 5).

Tabel 5. Asam lemak bebas minyak yang diekstrak dari bekatul yang dikukus, dikeringkan lalu disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan (%)\*

Sampel	Varietas		
	IR - 64	PB - 36	Ciasadane
Sebelum dikukus	15,2±0,3	14,0±0,2	18,5±0,3
Setelah dikukus & dikeringkan	9,5±0,2	10,2±0,4	8,1±0,3
Dikukus dan disimpan 1 bulan	10,4±0,1	11,9±0,0	8,4±0,1
dikukus dan disimpan 2 bulan	13,0±0,2	12,6±0,1	9,9±0,0
Dikukus dan disimpan 3 bulan	17,2±0,4	24,3±0,1	10,2±0,1

\*) Rerata 3 kali ulangan

Tabel 5. menunjukkan bahwa pengukusan menyebabkan penurunan asam lemak bebas. Data ini sangat masuk akal karena selama pengukusan sangat besar kemungkinan terjadi dekomposisi/oksidasi asam lemak bebas. Hal ini didukung oleh data naiknya angka peroksida seperti yang terlihat pada tabel 4. Setelah penyimpanan terjadi kenaikan kembali asam lemak bebas secara perlahan-lahan. Kenaikan asam lemak tampak lebih tajam pada bulan ke tiga. Kalau dikaitkan dengan angka peroksidanya, pada saat yang sama terjadi penurunan angka peroksida, sehingga sangat mungkin bahwa kenaikan asam lemak tersebut disebabkan oleh perubahan peroksida menjadi asam. Penelitian Shaheen dan koleganya (1975) menunjukkan bahwa parboiling sangat efektif untuk mencegah kenaikan asam lemak bebas, meskipun demikian bukan berarti berhenti sama sekali.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian yang sederhana ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pada semua varietas padi yang diuji, pengukusan bekatul menyebabkan penurunan kadar lemak, asam lemak bebas dan angka Iodine tetapi menaikkan angka peroksida minyak bekatul. Sedangkan orizanol tidak mengalami perubahan.

Penyimpanan selama tiga bulan sedikit menurunkan kadar minyak tetapi ada kecenderungan menaikkan kadar Orizanol. Angka Iodine turun dengan sangat nyata, sedang angka perosida mula-mula terjadi kenaikan namun mengalami penurunan kembali pada bulan ketiga dan angka asam terus naik selama penyimpanan.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan untuk dilakukan penelitian mengenai komposisi asam lemak minyak bekatul serta perubahannya selama pengolahan dan penyimpanan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada lembaga penelitian UGM atas biayanya yang diberikan untuk penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Parwanto dan Purwadi serta bapak Mudjiono yang telah membantu melakukan analisis dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abbey, M., Belling, G.B., Noakes, M., Hirata, F. and Nestel, P.J., 1993. Oxidation of low-density lipoproteins: intra-individual variability and the effect of dietary linoleate supplementation. *Am. J. Clin. Nutr.* 57:391-398.
- Association of Official Analytical Chemist, 1970. Official methods of analysis, AOAC, Washington.
- Babcock, D., 1987. Rice bran as a source of dietary fibre. *Cereal foods World* 32: 538-539.
- Biro Pusat Statistik (BPS), 1992. Statistik Indonesia 1991, BPS, Jakarta.
- Coffman, W.R. and Juliano, B.O., 1987. Rice. In: Olson, R.A. And Frey, K.J. (Eds.) Nutritional quality of cereal grains. Madison: American Society of Agronomy Incorporated, pp. 101-131.
- Grundey, S.M., 1987. Monounsaturated fatty acids, plasma cholesterol, and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 45:1168-1175
- Grundey, S.M., Florentin, L., Nix, D. and Whelan, M.F., 1988. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for reducing raised level of plasma cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 47:965-969.
- Kestin, M., Moss, R., Clifton, P.M. and Nestel, P.J., 1990. Comparative effect of three cereal brans on plasma lipids, blood pressure, and glucose metabolism in mildly hypercholesterolemic men. *Am. J. Clin. Nutr.* 52: 661-666.
- Lee, T-C, Wu, W.T. and Williams, V.R., 1965. The effect of storage time on the compositional patterns of rice fatty acids. *Cereal Chem.* 42: 498-505.
- Marsono, Y., 1993. Komplek carbohydrates and lipids in rice products - effects on large bowel volatile fatty acids and plasma cholesterol in animals. PhD Thesis, Flinders University of South Australia, Adelaide.
- Marsono, Y., Illman, R.J., Clarke, J.M., Trimble, R.P. and Topping, D.L., 1993. Plasma lipids and large bowel volatile fatty acids in pigs fed on white rice, brown rice and rice bran. *Br. J. Nutr.* 70:503-513.
- Mattson, F.H. and Grundey, S.M., 1985. Comparison of effect of dietary saturated monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J. Lipid Res.* 26: 194-202.
- Miller, G.J. and Miller, N.E., 1975. Plasma high density lipoprotein concentration and development of ischaemic heart disease. *Lancet* 1: 16-19.
- Nakayama, S., Manabe, A., Suzuki, J., Sakamoto, K. and Inagaki, T., 1987. Comparative effect of two forms of Oryzanol in different sterol compositions on hyperlipidemia induced by cholesterol diet in rats. *Japan J. Pharmacol.* 44: 135-143.
- Nicolosi, R.J., Ausman, L.M. and Hegsted, D.M., 1991. Rice bran oil lowers serum total and low density lipoprotein cholesterol and apo B levels in nonhuman primates. *Atherosclerosis* 88:133-142.
- Osborne, D.R. and Voogt, P., 1978. The analysis of nutrients in food. Academic Press, London.
- Pearson, D., 1973. Laboratory techniques in food analysis. Butterworths and Co. London.
- Resurreccion A.P and Juliano, B.O., 1975. Fatty acids composition of rice oils. *J. Sci. Fd. Agric.* 26:437-439.
- Rukmini, C. and Raghuram, T.C., 1991. Nutritional and Biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil: A review. *J. Am. College Nutr.* 1(6): 593-601.
- Seetharamaiah, G.S. and Chandrasekhara, N., 1988. Hypocholesterolemic activity of oryzanol in rats. *Nut. Rep. Int.* 38: 928-935.
- Setharamaiah, G.S. and Prabhakar, J.V., 1986. Oryzanol content of Indian rice bran oil and its extraction from soap stock. *J. Food. Sci. Tech.* 23: 270-273.
- Shaheen, A.B., El-Dash, A.A. and El-Shirbeeny, A.E., 1975. Effect of parboiling of rice on the rate of lipid hydrolysis and deterioration of rice bran. *Cereal Chem.* 52: 1-8.
- Slamet Sudarmadji, Bambang Haryono dan Suhardi, 1981. Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian. Liberty, Yogyakarta.
- Srimani, B.N., Chattopadhyay, P. and Bose, A.N., 1977. Stabilization of rice bran I. Direct measurement of the lipase activity in rice bran and the methods for the inactivation of the same. In: Proc. Rice By-Products Utilization Int. Conf. Valencia, Spain, 1974, pp.33-38.
- Soekirman, Tarwotjo, I., Jus'at, I., Sumodiningrat, G. and Jalal, F., 1992. Economic growth, equity and nutritional improvement in Indonesia. Switzerland: Administrative commite on co-ordination-sub - commite on nutrition (ACC/SCN), World Health Organization (WHO).
- Topping, D.L., Illman, R.J., Roach, P.D., Trimble, R.P. Kambouris, A. and Nestel, P.J., 1990. Modulation of hypolipidemic effect of fish oil by dietary fiber in rats: studies with rice and wheat bran. *J. Nutr.* 120:325-330.