

**PENGUMPULAN β -KAROTIN DAN α -TOKOFEROL OLEH
IKAN KELI AFRIKA (*Clarias gariepinus*) DARI
PRODUK SAMPINGAN INDUSTRI
MINYAK KELAPA SAWIT**

oleh

WAN ABDUL AZIZ BIN WAN YAAKOB

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

**PUSAT PENGAJIAN SAINS KAJIHAYAT
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
PULAU PINANG**

OKTOBER, 1997

**PENGUMPULAN β -KAROTIN DAN α -TOKOFEROL OLEH
IKAN KELI AFRIKA (*Clarias gariepinus*) DARI
PRODUK SAMPINGAN INDUSTRI
MINYAK KELAPA SAWIT**

OLEH

WAN ABDUL AZIZ BIN WAN YAAKOB

**PUSAT PENGAJIAN SAINS KAJIHAYAT
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
PULAU PINANG**

OKTOBER 1997

KANDUNGAN	MUKA SURAT
KANDUNGAN	ii
SENARAI JADUAL	v
SENARAI RAJAH	vii
PENGHARGAAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
BAB 1.0 PENGENALAN DAN TINJAUAN BACAAN	1
1.1 Akuakultur Di Beberapa Kawasan Di Dunia	1
1.2 Akuakultur Di Malaysia	4
1.3 Protein dan Lipid di dalam Makanan Ikan Air Tawar	7
1.4 Sumber Lipid Tempatan yang Berpotensi	18
1.5 Sumber Protein di dalam Makanan Ikan	21
1.6 Proses Penulinan Minyak Kelapa Sawit dan Penghasilan TPT dan ALST	23
1.7 Tujuan Kajian	33
BAB 2.0 BAHAN DAN KAEDAH	34
2.1 Ikan Keli	34
2.2 Bahan Mentah	34
2.2.1 Makanan Minggu Penyesuaian	34
2.2.2 Campuran Vitamin dan Zat Galian	34
2.2.3 Bahan Pengikat	34
2.2.4 Serbuk Ikan	34
2.2.5 Produk Sampingan Kilang Penyaring Minyak Kelapa Sawit	34
2.2.6 Minyak Hati Ikan Kod	34
2.3 Bahan Kimia	35
2.4 Alat dan Radas	35
2.5 Kaedah	36
2.5.1 Kajian <i>In Vivo</i> (Pengkulturan) Ikan Keli	36

2.5.1.1	Reka Bentuk Kajian	36
2.5.1.2	Rumusan Makanan	36
2.5.1.3	Penstokan Benih Ikan	37
2.5.1.4	Tangki Ternak	38
2.5.1.5	Tempoh Kajian Menternak	38
2.5.1.6	Pengurusan Makanan	39
2.5.1.7	Pensampelan	39
2.5.1.8	Formula-formula untuk Mengira Parameter-parameter Pertumbuhan	40
2.5.1.9	Pemerhatian dan Pengurusan Lain	40
2.6	Kajian Pengumpulan α -Tokoferol dan β -Karotin Di Dalam Otot Ikan Keli	41
2.6.1	Tatacara Pengekstrakan	41
2.6.2	Penentuan α -Tokoferol dan β -Karotin Di Dalam Sampel	46
2.6.3	Penyuntikan Sampel	48
2.6.4	Pembinaan Keluk Piawai α -Tokoferol dan β -Karotin	48
2.6.5	Data KCBT	48
2.6.6	Ujian Statistik	49
BAB 3.0	KEPUTUSAN	50
3.1	Pengenalan	50
3.2	Rumusan Makanan	50
	3.2.1 Kandungan Protein dan Lipid Di Dalam Bahan-bahan Mentah	50
	3.2.2 Komposisi Proksimat Rumusan Makanan	51
3.3	Prestasi Pertumbuhan Ikan Keli	53
	3.3.1 Hasil Kajian bagi Makanan AF	53
	3.3.2 Hasil Kajian bagi Makanan BF	55
	3.3.3 Hasil Kajian bagi Makanan ABF	57
	3.3.4 Hasil Kajian bagi Makanan CF	59
3.4	Kepekatan β -Karotin dan α -Tokoferol	69
	3.4.1 Kepekatan β -Karotin dan α -Tokoferol Di Dalam Bahan Mentah Makanan Ikan Keli	71
	3.4.2 Kepekatan β -Karotin dan α -Tokoferol Di Dalam Rumusan-rumusan Makanan Ikan Keli	72
	3.4.3 Kepekatan β -Karotin dan α -Tokoferol Di dalam Otot Anak Ikan Keli Semasa Aklimasi	73
	3.4.4 Kepekatan β -Karotin dan α -Tokoferol Di Dalam Otot Ikan Keli	73

BAB 4. PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

78

RUJUKAN

90

Lampiran 1a Tatacara Statistik bagi Pertumbuhan Ikan Keli Afrika

Lampiran 1 b Tatacara Statistik bagi Pengumpulan β -Karotin dan α -Tokoferol di dalam Tisu Ikan Keli Afrika

Lampiran 2a-1-
Lampiran 2a-12 Kromatograf bagi β -Karotin

Lampiran 2b-1-
Lampiran 2b-12 Kromatograf bagi α -Tokoferol

Lampiran 3a Nilai-nilai Kromatogram bagi Kromatografi Cecair Berkeupayaan Tinggi bagi Keluk Piawai β -Karotin dan α -Tokoferol

Lampiran 3b Nilai-nilai Kromatogram bagi Pengesan UV (untuk β -Karotin) dan Flouresens (untuk α -Tokoferol)

Lampiran 4 Plat

Lampiran 5 Surat Akuan dari Trade Ocean Exporters Sdn. Bhd., Sungai Bakap, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang.

Lampiran 6 Tatacara Analisis Proksimat

Lampiran 7 Keputusan Analisis Proksimat bagi Makanan Terumus

Lampiran 8 Campuran Vitamin dan Zat Galian untuk Makanan Terumus Ikan Keli Afrika

SENARAI JADUAL

Jadual	Tajuk	Muka Surat
1.1	Komposisi Asid Lemak di dalam Asid Lemak Sawit Tersuling (ALST) dan Minyak Sawit Mentah (MSM)	19
1.2	Kandungan Asid Lemak dan Lain-lain Hidrokarbon Di Dalam Asid Lemak Sawit Tersuling (ALST)	19
1.3	Komposisi Asid-asid Lemak di dalam Tanah Peluntur Terpakai (TPT) dan Minyak Sawit Mentah (MSM)	20
1.4	Kandungan Asid Amino Perlu bagi Protein di dalam Kacang Soya, Kacang Tanah, Biji Kapas dan Serbuk Ikan Menhaden	22
2.1	Campuran Bahan-bahan Mentah di dalam Rumusan Makanan seperti Plat 1,2,3 dan 4 Makanan Kajian bagi setiap sekilogram Makanan	37
2.2	Peralatan dan Parameter Analisis untuk Mengesan β -Karotin (Per foss <i>et al.</i> , 1987) dan α -Tokoferol (Bai dan Gatlin, 1993)	47
3.1	Min Peratus Protein dan Lipid di dalam Bahan-bahan Mentah yang digunakan untuk Rumusan Makanan Ikan Keli Afrika	51
3.2	Peratus Kandungan Nilai-nilai Pemakanan bagi Makanan-makanan Kajian.	52
3.3	Prestasi Pertumbuhan, Pengambilan Makanan dan Faktor Keadaan Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) yang diberi Rumusan Makanan AF semasa Kajian	54
3.4	Prestasi Pertumbuhan, Pengambilan Makanan dan Faktor Keadaan Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) yang diberi Rumusan Makanan BF semasa Kajian	56
3.5	Prestasi Pertumbuhan, Pengambilan Makanan dan Faktor Keadaan Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) yang diberi Rumusan Makanan ABF semasa Kajian	58

3.6	Prestasi Pertumbuhan, Pengambilan Makanan dan Faktor Keadaan Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) yang diberi Rumusan Makanan CF semasa Kajian	60
3.7	Perbandingan Hasil Kajian Kesesuaian Produk Sampingan Kilang Penyaring Minyak Kelapa Sawit sebagai Sumber Nutrisi di dalam Rumusan-rumusan makanan AF, BF, ABF dan CF untuk Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) selama 14 Minggu.	62
3.8	Min Kandungan β -Karatol dan α -Tokoferol di dalam Empat Bahan Mentah untuk Rumusan Makanan Kajian bagi Ikan Keli Afrika	71
3.9	Min Kandungan β -Karatol dan α -Tokoferol di dalam Rumusan Makanan Kajian untuk Ikan Keli Afrika	72
3.10	Min Kepekatan (ppm) β -Karatol di dalam Otot Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) yang diberi Rumusan Makanan Kajian selama 14 Minggu	74
3.11	Min Kepekatan (ppm) α -tokoferol di dalam Otot Ikan Keli Afrika (<i>C. gariepinus</i>) yang diberi Rumusan Makanan Kajian selama 14 Minggu	75

SENARAI RAJAH

Rajah	Tajuk	Muka surat
1.1	Tindakbalas α -tokoferol untuk menghasilkan α -tokoferol kuinon (Eric <i>et al.</i> , 1987)	11
1.2.	Tindakbalas enzim dioksigenase memotong rantai β -karotin untuk menghasilkan 2 retinol (Abd. Rahim, 1992; Eric <i>et al.</i> , 1987)	14
1.3.	Tindakbalas-tindakbalas retinol dan retinal di dalam retina mata (Abd. Rahim, 1992; Eric <i>et al.</i> , 1987)	16
1.4	Ringkasan proses penulenan minyak kelapa sawit secara fizikal di dalam kilang penulen minyak kelapa sawit	25
1.5	Formula-formula struktur beberapa komponen minyak yang terdapat di dalam tanah peluntur terpakai (Eric <i>et al.</i> , 1987; Jian, 1986)	30
2.1	Ringkasan kaedah pengekstrakan α -tokoferol dan β -karotin dari sampel (Bligh and Dyer, 1959)	44
3.1	Perubahan berat (g) badan bagi ikan keli Afrika dari minggu pertama hingga minggu 14 yang diberi rumusan-rumusan makanan AF (A), BF (B), ABF (AB) dan CF (C)	63
3.2	Perubahan ukuran badan (cm) bagi ikan keli Afrika dari minggu pertama hingga minggu 14 yang diberi rumusan makanan AF(A), BF(B), ABF (AB) dan CF(C)	64
3.3	Perubahan faktor keadaan (K%) ikan keli Afrika dari minggu pertama hingga minggu 14 yang diberi rumusan makanan AF(A), BF(B), ABF(AB) dan CF(C)	65

3.4	Paras erti 95% berat (g) badan ikan keli Afrika semasa tuaian yang diberi rumusan-rumusan makanan AF, BF, ABF dan CF	66
3.5	Paras erti 95% ukuran (cm) badan ikan keli Afrika semasa tuaian yang diberi rumusan-rumusan makanan AF, BF, ABF dan CF	67
3.6	Kekerapan relatif berat (g) badan ikan keli Afrika bagi hasil tuaian Ikan yang diberi rumusan-rumusan makanan AF (A), BF (B), ABF (C) dan CF (D)	68
3.7	Kromatograf β -karotin	69
3.8	Kromatograf α -tokoferol	70
3.9	Kepekatan β -karotin (ppm) di dalam otot ikan keli Afrika dari minggu aklimasi hingga akhir minggu 14 bagi kajian rumusan-rumusan makanan kajian AF, BF, ABF dan CF	76
3.10	Kepekatan β -karotin (ppm) di dalam otot ikan keli Afrika dari minggu aklimasi hingga akhir minggu 14 bagi kajian rumusan-rumusan makanan kajian AF, BF, ABF dan CF	77

PENGHARGAAN

Saya mengambil kesempatan di sini merakamkan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada dua orang penyelia saya, Prof. Madya Dr. Ahyaudin Ali (Pusat Pengajian Sains Kajihayat, USM) dan Prof. Madya Dr. Boey Peng Lim (Pusat Pengajian Sains Kimia), Prof. Dr. Muhammad Idris Salleh, Dekan Pusat Pengajian Sains Kimia, Prof. Madya Dr. Roshada Hashim, Dr. Lim Choo Loh dan Prof. Madya Dr. Omar Shawkataly (P. P. Sains Kimia/Jarak Jauh) serta En. Rashid Ali, CEO EIC Sdn. Bhd., yang telah memberi bimbingan, tunjuk ajar dan bantuan semasa menjalankan kajian ini.

Saya juga merakamkan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Bahagian Penyelidikan dan Pembangunan, Canselori USM yang telah membiayai penyelidikan ini di bawah peruntukan Rancangan Malaysia Ke Enam yang lalu. Di samping itu saya turut menghargai sumbangan pihak Guan Soon Heng Edible Oil Mill, Kemunting, Perak yang sedia membekalkan biproduk (TPT) dan (ALST) dari kilang mereka pada sebarang masa secara percuma.

Penghargaan yang sama saya rakamkan kepada En. Mohd. Kassim Razak dan En. Sobri Hj. Aziz dari Pusat Pengajian Sains Kimia yang telah memberi kemudahan penggunaan alat HPLC di bawah jagaan mereka untuk melengkapkan kajian ini serta Puan Norliza Hashim, En. Rahmad Zakaria,

Cik Siti Intan Zaleha, Puan Siti Khalijah dan Cik Shafni (MIT, Tabung Haji, P. Pinang) yang membantu menaipkan tesis ini.

Akhir sekali saya mengabadikan penghargaan dan ucapan terima kasih ini kepada ibu, Minah binti Husin, bapa, Wan Yaakob Wan Kadir, isteri, Norashikin Walad, anak-anak, Wan Nadia, Wan Mohd. Firdaus dan Wan Natasha, dan seluruh keluarga saya, En. Saadon Zubir Hj. Din, En. Rashid Othman, En. Zubaidi Mokhtar dan semua kakitangan di Pusat Pengajian Sains Kajihayat, USM, Pulau Pinang yang membantu saya samada semasa senang atau susah semasa menjalankan kajian dan menyiapkan thesis ini - semoga Allah memberkati kita semua.

Sekian, terima kasih.

WAN ABDUL AZIZ B. WAN YAAKOB
MIT, Pulau Pinang.
Oktober, 1997

Abstrak

Keupayaan ikan keli Afrika (*Clarias gariepinus*) untuk mengumpul β -karotin dan α -tokoferol dari makanan ikan keli terumus yang mengandungi dua produk sampingan hasil penyaringan minyak kelapa sawit, iaitu Tanah Peluntur Terpakai (TPT) dan Asid Lemak Sawit Tersuling (ALST) ke dalam ototnya dikaji. Empat jenis makanan ikan dirumuskan, dinamakan AF (mengandungi ALST dan serbuk ikan), BF (mengandungi TPT dan serbuk ikan), ABF (mengandungi ALST, TPT dan serbuk ikan) dan CF (mengandungi minyak hati ikan kod dan serbuk ikan). Keempat-empat makanan dirumuskan supaya mencapai 13% lipid dan 30% protein. Berat akhir ikan keli bagi kajian pemakanan AF, BF, ABF dan CF adalah 180.44 ± 2.64 , 174.84 ± 3.04 , 193.49 ± 2.49 dan 173.90 ± 2.38 g seekor, manakala ukuran badan akhir bagi ikan-ikan tersebut pula adalah 29.77 ± 0.15 , 29.66 ± 0.17 , 30.45 ± 0.13 dan 29.67 ± 0.13 cm seekor, masing-masing. Nisbah penukaran makanan bagi AF, BF, ABF dan CF adalah 2.4:1, 2.3:1, 2.1:1 dan 2.4:1, masing-masing. Kadar tumbesaran spesifik ikan keli bagi kajian pemakanan AF, BF, ABF dan CF adalah 3.48, 3.46, 3.52 dan 3.46%, manakala kadar kemandirian adalah 80.38, 74.63, 79.75 dan 71.25%, masing-masing. Sepanjang kajian dijalankan, ikan keli berkeadaan baik dan sihat malah tiada kesan keracunan makanan ditunjukkan. Di dalam kajian Kromatografi Cecair Berkeupayaan Tinggi Fasa Keterbalikan, puncak β -karotin dikesan antara 0.77 hingga 0.82 minit manakala α -tokoferol dikesan antara 1.9 hingga 2.2 minit

selepas sampel disuntik. Kepekatan β -karotin di dalam 1.0 gram ALST, TPT, serbuk ikan dan minyak hati ikan kod adalah 18.14 ± 0.70 , 24.78 ± 0.01 , 19.13 ± 0.05 dan 21.10 ± 0.04 ppm, manakala kepekatan α -tokoferol adalah 38.40 ± 0.23 , 78.80 ± 0.49 , 22.37 ± 0.03 dan 6.81 ± 0.03 ppm, masing-masing. Kepekatan β -karotin di dalam 1.0 gram makanan AF, BF, ABF dan CF adalah 15.30 ± 0.00 , 18.53 ± 0.20 , 16.89 ± 0.08 dan 15.73 ± 0.07 ppm, manakala kepekatan α -tokoferol adalah 19.58 ± 0.19 , 27.97 ± 0.04 , 23.01 ± 0.19 dan 18.50 ± 0.07 ppm, masing-masing. Kepekatan β -karotin dan α -tokoferol di dalam 1.0 gram otot anak ikan keli pada awal kajian adalah 1.93 ± 0.08 dan 1.10 ± 0.01 ppm, masing-masing. Pada akhir kajian (minggu 14), kepekatan β -karotin di dalam 1.0 gram otot ikan keli bagi kajian pemakanan AF, BF, ABF dan CF adalah 8.51 ± 0.13 , 11.09 ± 0.07 , 10.23 ± 0.02 dan 9.21 ± 0.03 ppm, manakala kepekatan α -tokoferol adalah 16.85 ± 0.30 , 20.56 ± 0.17 , 18.49 ± 0.46 dan 15.97 ± 0.11 ppm, masing-masing. Keputusan menunjukkan terdapat peningkatan pengumpulan β -karotin dan α -tokoferol di dalam otot ikan keli dari minggu ke minggu ($P < 0.05$). Ikan keli yang memakan makanan BF mengumpul lebih banyak β -karotin dan α -tokoferol di dalam ototnya, manakala yang memakan makanan ABF menunjukkan pertumbuhan, kadar kemandirian dan hasil tuaian yang lebih baik ($P < 0.05$).

THE ACCUMULATION OF β -CAROTENE AND α -TOCOPHEROL FROM PALM OIL MILL BY-PRODUCTS BY AFRICAN CATFISH (*Clarias gariepinus*)

Abstract

The ability of the African catfish (*Clarias gariepinus*) to accumulate β -carotene and α -tocopherol from formulated catfish feed that contained palm oil mill by-products namely, Spent Bleaching Earth (SBE) and Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) into their muscle was studied. Four types of feed were formulated, namely AF (contained PFAD and fish meal), BF (contained SBE and fish meal), ABF (contained PFAD, SBE and fish meal) and CF (contained cod liver oil and fish meal). All feed were formulated to achieve 13% lipid and 30% protein levels. The final weights of individual catfish fed with AF, BF, ABF and CF feed were 180.44 ± 2.64 , 174.84 ± 3.04 , 193.49 ± 2.49 and 173.90 ± 2.39 g, whereas the final total lengths of individual catfish were 29.77 ± 0.15 , 29.66 ± 0.17 , 30.45 ± 0.13 and 29.67 ± 0.13 cm, respectively. Feed conversion ratios for AF, BF, ABF dan CF feed were 2.4:1, 2.3:1, 2.1:1 dan 2.4:1, respectively. Specific growth rates of the catfish fed with AF, BF, ABF and CF were 3.48, 3.46, 3.52 and 3.46% , whereas the survival rates were 80.38, 74.63, 79.75 and 71.25%, respectively. No harmful effect was observed throughout the study, on the other hand, the catfish were found to be growing very well. In the Reverse Phased High Performance Liquid Chromatography study, the peaks of β -carotene were detected between 0.77 to 0.82 minute whereas the peaks of α -tocopherol were detected

between 1.9 to 2.2 minutes after the samples were injected. The concentrations of β -carotene in 1.0 gram of PFAD, SBE, fish meal and cod liver oil were 18.14 ± 0.07 , 24.78 ± 0.01 , 19.13 ± 0.05 and 21.10 ± 0.04 ppm, whereas the concentrations of α -tocopherol were 38.40 ± 0.23 , 78.80 ± 0.497 , 22.37 ± 0.03 and 6.87 ± 0.03 ppm, respectively. In 1.0 gram of AF, BF, ABF and CF feed, the concentrations of β -carotene were 15.30 ± 0.01 , 18.53 ± 0.02 , 16.89 ± 0.08 and 15.73 ± 0.07 ppm, whereas the concentrations of α -tocopherol were 19.58 ± 0.19 , 27.97 ± 0.04 , 23.01 ± 0.19 and 18.5 ± 0.07 ppm, respectively. Initially, the concentrations of β -carotene and α -tocopherol in 1.0 g fingerling muscle were 1.93 ± 0.08 and 1.10 ± 0.01 ppm, respectively. At the end of the study (14th week), the concentrations of β -carotene in 1.0 gram catfish muscle in the AF, BF, ABF and CF feeding experiments were 8.51 ± 0.13 , 11.09 ± 0.07 , 10.23 ± 0.02 and 9.21 ± 0.30 ppm, whereas the concentrations of α -tocopherol were 16.85 ± 0.30 , 20.56 ± 0.17 , 18.48 ± 0.11 and 15.97 ± 0.11 ppm, respectively. The results showed that the accumulation of β -carotene and α -tocopherol in the catfish muscle increased week by week ($P < 0.05$). Catfish fed with BF feed accumulated more β -carotene and α -tocopherol in their muscle, whereas those fed with ABF feed showed better growth, survival rate and harvest ($P < 0.05$).

1.0. PENGENALAN DAN TINJAUAN BACAAN

1.1. Akuakultur Di Beberapa Kawasan Di Dunia

Di kebanyakan habitat yang didiami manusia di dunia, ikan merupakan salah satu daripada sumber protein yang baik, berkhasiat dan mudah untuk didapati. Ia kaya dengan beberapa asid amino perlu dan menjadi sumber makanan tambahan yang baik kepada makanan di Malaysia yang mengandungi banyak karbohidrat (Chua, 1986). Profil asid amino perlu di dalam ikan didapati setanding mutunya dengan daging lembu (Lovell, 1979). Ikan-ikan yang ditenak pada masa kini meliputi spesies air tawar, payau dan masin. Sistem-sistem kultur pula telah berkembang daripada kolam-kolam tanah yang ekstensif sehinggalah ke sistem-sistem intensif di dalam alur dan kurungan di dalam tangki dan sangkar. Perkembangan teknologi makanan-makanan tiruan berbentuk until-until tenggelam dan terapung juga menggalakkan pengkulturan beberapa spesies ikan secara komersil. Walau bagaimanapun, kemajuan pengkulturan beberapa spesies ikan juga terhad disebabkan oleh bekalan dan harga bahan-bahan makanan seperti serbuk ikan, serbuk kacang soya, sumber-sumber lipid, vitamin dan bahan galian yang semakin terhad dan mahal. Spesies-spesies ikan yang ditenak juga berbeza-beza mengikut kehendak dan keperluan pengguna serta kesesuaian iklim di kawasan masing-masing. Di kebanyakan kawasan sejuk dan sederhana di Amerika Syarikat, ikan trout (*Salmo gairdneri*) ditenak secara

besar-besaran manakala ikan keli terusan (*Ictalurus punctatus*) ditenak di kawasan berhawa panas dan sederhana. Ikan salmon (*Oncorhynchus* spp) ditenak di Florida. Ikan salmon dan trout juga ditenak di Kanada dan di utara serta barat Eropah seperti di Norway, Sweden, Denmark, Netherlands, Belgium dan Luxembourg. Disamping itu, belut (*Anguilla anguilla*) dan kap (*Cyprinus carpio*) juga ditenak di negara-negara Eropah. Di beberapa negara Eropah Timur juga menghasilkan ikan-ikan salmon, trout, kap dan belut. (Brown, 1983).

Spesies-spesies kap banyak ditenak di bahagian Asia seperti Jepun, Korea, China, Taiwan sehingga ke Asia Tenggara. Selain daripada itu, ikan sawah padi juga menjadi hasilan air tawar yang penting di negara China, Thailand, Filipina, Malaysia (Ali, 1980) dan Indonesia. Di antara ikan-ikan lain yang penting di sebelah Asia dan Asia Tenggara adalah trout, belut, kap dan ayu di Jepun, jenis-jenis kap, belut, milkfish, trout, haruan, tilapia dan keli di China, Taiwan, Filipina, Malaysia dan Indonesia (Bardach *et al.*, 1972; Brown, 1983; Juario *et al.*, 1983). Aktiviti akuakultur di negara Jepun dan Taiwan didapati mengeluarkan hasil yang paling tinggi per unit ekar perairannya (De Silva, 1988). Di negara China dan di Asia Tenggara, ikan air tawar juga dihasilkan secara bersepadu dengan hasil-hasil pertanian yang lain khususnya padi (Ali, 1990; Defu dan Maoxing 1995; Huat dan Tan, 1980). Di Afrika, ikan tilapia dan keli (*Clarias gariepinus*) (Kutty, 1991, Mgbenka dan Eya, 1991; Vireen *et al.*,

1985) telah menjadi tumpuan yang utama bagi akuakultur di benua itu. Walau bagaimanapun, purata keluasan akuakultur di benua itu kurang daripada 2.5 hektar bagi setiap penternak (Guerrero, 1991).

Amalan pemakanan untuk akuakultur di Amerika, Eropah, Jepun dan Taiwan berada di tahap yang maju. Aktiviti akuakultur diusahakan secara besar-besaran kerana permintaan terhadap ikan amat tinggi. Kebanyakannya menggunakan makanan rumusan untuk ikan-ikan mereka. Walau bagaimanapun, di kawasan-kawasan lain di Asia, pengurusan pengkulturan dan pemakanan masih lagi secara tradisional. Penternak gemar menggunakan bahan-bahan terbuang untuk diberikan kepada ikan sebagai suatu cara untuk menjimatkan kos disamping mengitarkan bahan-bahan tersebut secara bermanfaat. Di Taiwan, ikan-ikan jenis kap, haruan dan tilapia ditenak secara polikultur bersepadu dengan itik dan khinzir (Chen dan Li, 1980). Penternak-penternak ikan di negeri China juga menggunakan sisa-sisa makanan, ulat sutera, bjirin, visera haiwan dan najis khinzir serta ikan baja untuk ikan-ikan ternakan mereka (Defu dan Maoxing, 1995; Wembiao *et. al.*, 1988). Di India juga, ikan-ikan rohu, katla, mrigal serta ikan-ikan kap China ditenak secara bersepadu dengan ternakan darat seperti ayam, itik, lembu dan khinzir tanpa menggunakan banyak makanan komersil (Jhingran dan Sharma, 1980; Tripathi dan Ranadhir, 1981). Selain

menternak ikan di dalam kolam-kolam, penternak ikan di Indonesia menternak ikan-ikan kap dan lee koh di dalam alur dan kolam air deras, sangkar-sangkar di dalam sungai dan terusan (Djajadiredja *et al.*, 1980). Di Thailand, ikan keli (*Clarias batrachus* dan *Clarias macrocephalus*) telah menjadi ikan yang popular untuk ditenak disamping ikan-ikan sawah padi, kap dan tilapia. Sejak tahun 1970an, ikan baja telah digunakan sebagai makanan untuk ternakan tersebut. Permintaan terhadap ikan baja kemudiannya meningkat dalam tahun 1981 dan penternak mula mencari kaedah lain untuk memberi makanan kepada ikan mereka. Salah satu makanan yang popular adalah campuran beras hancur yang dimasak. Penggunaan makanan tiruan berbentuk until tidak menggalakkan kerana ianya mahal dan tidak menguntungkan (Srisuwantach *et al.*, 1981; Wattanutchariya dan Panayotou, 1981).

1.2. Akuakultur Di Malaysia

Di dalam Dasar Pertanian Negara, program akuakultur telah diambil kira sebagai suatu kegiatan ekonomi yang penting di dalam sektor pertanian (Anon, 1984). Di Malaysia, ikan merupakan sumber protein haiwan yang utama, mudah dihasilkan dan berkhasiat. Ia merupakan hidangan tambahan yang lazat dan baik kepada diet di Malaysia yang lazimnya berkarbohidrat (Chua, 1986). Beberapa kaedah sedang dipraktikkan di dalam kegiatan akuakultur di Malaysia.

Penternak-penternak ikan menternak ikan air tawar di dalam kolam-kolam tanah dan bekas lombong, di dalam sangkar-sangkar terapung di empangan, di dalam tangki-tangki konkrit, fiberglass dan alur-alur kanvas (Ali dan Wan Yaakob, 1991) manakala petani-petani menternak ikan-ikan sawah padi secara ekstensif bersepadu dengan tanaman padi di sawah-sawah (Ali, 1990). Seperti di Thailand juga, ikan keli (*Clarias* spp.) merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang sangat digemari di Semenanjung Malaysia (Ahmad, 1988). Di Malaysia, terdapat beberapa jenis ikan keli yang popular sebagai makanan, di antaranya ialah ikan keli bunga (*Clarias macrocephalus*), ikan keli kayu (*Clarias batrachus*) ikan keli limbat (*Prophagorus nieuhofi*) (Mohsin dan Ambak, 1983), ikan keli Afrika (*Clarias gariepinus*) (Viveen *et al.*, 1986) dan ikan keli kacukan (*Clarias macrocephalus* ♀ x *Clarias gariepinus* ♂) (Yaakob dan Ali, 1994).

Oleh kerana spesies-spesies tersebut adalah jenis omnivor (Mohsin dan Ambak, 1983), penternak lebih gemar menggunakan sisa-sisa makanan dan sisa-sisa haiwan sebagai makanan kepada ikan keli yang diternak. Walau pun terdapat laporan bahawa sisa-sisa haiwan terutamanya perut ayam (Ali, 1991) dan ikan baja (Areerat, 1987) mencemarkan kualiti air di dalam kolam ternakan, penggunaan ikan baja dan perut ayam yang telah direbus amat digemari oleh penternak ikan keli pada

masa ini. Ikan keli kacukan yang ditenak dengan kedua-dua makanan tersebut membesar dengan baik di dalam alur kanvas mudah alih apabila mutu air diuruskan dengan baik (Yaakob dan Ali, 1994).

Berbagai-bagai jenis bahan terbuang seperti perut ayam, sisa makanan dari dapur, hampas kacang soya dan juga makanan until dapat diberikan kepada ikan keli tersebut. Makanan until walau pun mudah didapati, tetapi harganya mahal, iaitu sekitar RM1.50/kg relatif kepada harga jualan borong bagi ikan keli sekitar RM3.50/kg. Sebagai pilihan, penternak lebih gemar menggunakan sisa-sisa hasil proses haiwan dan sisa-sisa makanan kosnya jauh lebih rendah. Di Amerika Syarikat, ikan keli terusan (*Ictalurus punctatus*), iaitu sejenis ikan keli yang bersaiz besar, ditenak secara besar-besaran disetengah-setengah tempat (Lovell, 1979). Walau bagaimanapun, ikan keli yang ditenak di Malaysia sudah pun menembusi pasaran di Amerika Syarikat. Terdapat sebuah kilang di Sungai Bakap, Seberang Perai Selatan, iaitu Trade Ocean Sendirian Berhad, telah mengeksport ikan keli ke Amerika Syarikat secara beku, berlebelkan "Yellow Catfish" kerana sambutan pengguna di sana amat baik terhadap ikan keli yang berwarna kuning-kekuningan. (Hwa, 1996). Oleh itu, dapatlah dirumuskan bahawa potensi ikan keli yang ditenak di Malaysia sudah mempunyai potensi eksport yang sangat baik pada masa hadapan. Manakala di

dalam pasaran tempatan, permintaan terhadap ikan keli sudah meningkat dengan harga yang sangat menggalakkan.

1.3 Protein dan Lipid di dalam Makanan Ikan Air Tawar

Di dalam rumusan makanan ikan, protein dan lipid amat diutamakan kerana kedua-duanya memainkan peranan penting kepada ikan untuk membesar secara normal dan meningkatkan daya kehidupan. Protein digunakan oleh ikan untuk membina dan membaharui tisu-tisu dan organ-organ dan sedikit sebagai sumber tenaga. Kos efektif aras protein yang sesuai di dalam makanan ikan adalah didapati pada paras 30 - 35% (Lovell, 1980). Kelebihan protein di dalam makanan pula hanya akan menurunkan kualiti air di dalam kolam apabila makanan diberikan berlebihan (Cacho *et al.*, 1990).

Lipid memainkan peranan penting sebagai sumber tenaga, asid-asid lemak perlu serta penyenggara keteguhan membran-membran biologi dan struktur-struktur selular. Ia menjadi medium pembawa yang penting di dalam badan bagi vitamin-vitamin larut lemak seperti vitamin A, D, E dan K dan juga memainkan peranan penting di dalam sifat-sifat perasa dan tekstur makanan ikan serta ikan itu sendiri. Di dalam beberapa aspek metabolisma, beberapa jenis hormon adalah komponen-komponen steriod, manakala asid-asid lemak poli tak-tepu adalah pelopor bagi prostaglandin di dalam ikan. Tumbesaran

ikan air tawar didapati baik apabila mendapat diet yang mempunyai lipid antara 5% hingga 16%. Ikan tilapia merah didapati memerlukan lipid tidak melebihi 15% (Kamaruddin *et al.*, 1989). Ikan keli terusan didapati memerlukan lipid setinggi 12% (Murray *et al.*, 1977) manakala anak ikan keli bunga (*Clarias macrocephalus*) didapati membesar dengan baik apabila mendapat diet yang mengandungi 10 - 13% lipid (Mat Saat dan Hashim 1994). Ikan keli hibrid (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) yang diternak di dalam tangki didapati dapat membesar dengan baik apabila diberi makan perut ayam yang direbus. Makanan tersebut didapati mengandungi 35% protein dan 13% lipid (Yaakob dan Ali, 1994). Kelebihan lipid di dalam makanan hanya akan meningkatkan pengumpulan lemak di dalam rongga visera dan otot (Patmasothy dan Lim, 1987; Stickney and Andrews, 1972) dan ikan tidak menggunakan baki tenaga yang dibekalkan oleh lipid yang berlebihan untuk bertumbuh. Akibatnya, ikan yang mempunyai lemak yang berlebihan itu tidak akan digemari oleh pengguna. (Hanley, 1991). Ikan yang memakan makanan yang mengandungi protein yang lebih tinggi juga didapati cenderung mengumpulkan lipid di dalam otot dan rongga viscera (Shepherd dan Bromage, 1992).

Sumber-sumber lipid boleh didapati daripada minyak tumbuhan, minyak haiwan dan juga minyak ikan. Di antara minyak dari tumbuhan adalah minyak kelapa, zaitun, safflower,

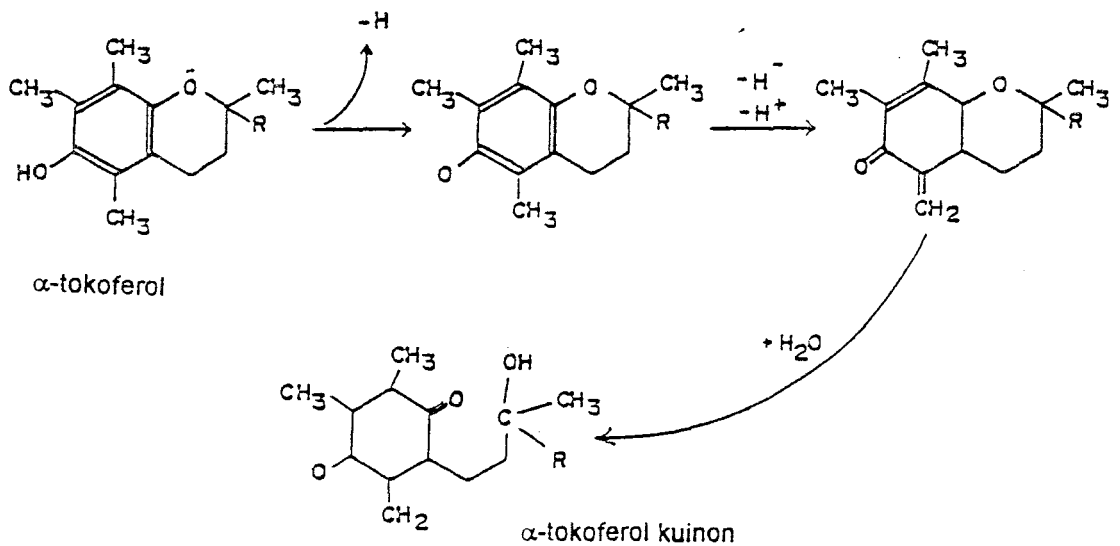
biji kapas dan kacang soya. Kebiasaan minyak dari haiwan adalah minyak sapi manakala minyak dari ikan adalah minyak hati ikan kod, manhadden dan paus (Satoh *et al.*, 1989; Stickney dan Andrew, 1972). Kebanyakan ikan-ikan air tawar memerlukan asid-asid lemak n-6 (18:2, n-6) (Halver, 1972) manakala ikan-ikan laut memerlukan asid-asid lemak n-3 (Shepherd dan Bromage, 1992; Stickney *et al.*, 1983) untuk membantu proses metabolisme.

Pada masa ini kesedaran terhadap keperluan lipid yang mengandungi asid-asid lemak tak tepu di dalam makanan dan sumbangannya terhadap kesihatan manusia telah mendapat perhatian berat oleh pakar-pakar diet dan umum (Fernandes dan Venkatraman, 1993). Risiko serangan sakit jantung sering dikaitkan dengan kolesterol atau Lipoprotein Berketumpatan Rendah dengan mengambil diet yang mengandungi asid lemak omega 3 (Drevon *et al.*, 1995). Pengambilan diet berunsurkan haiwan (daging, telur, susu dan ikan) yang memakan makanan berunsurkan asid lemak omega 3 dapat mengimbangi keperluan-keperluan asid lemak tak tepu di dalam badan manusia. Vonoeskel dan Boucque (1992) mendapati penggunaan serbuk ikan boleh manipulatkan di dalam makanan haiwan (khinzir) untuk membekalkan asid lemak omega 3 kepada pengguna. Telur yang diperkayakan dengan asid lemak omega 3 telah mendapat perhatian pengguna di Jerman (Blanch dan Grashorn,

1996). Ibu-ibu yang memakan banyak ikan dilaporkan mengandung banyak asid-asid lemak C:22:6 (n-3) dan C20:5 (n-3) di dalam susu badan mereka (Delapresaowens *et al.*, 1996). Bayi-bayi yang dilahirkan berat badan didapati membesar dengan sempurna apabila diberi diet yang mengandungi asid lemak omega 3 dan omega 6, di mana badan badan mereka dapat menggunakan diet berformula asid lemak tak tepu tersebut untuk digabungkan dengan fosfolipid endogenous (Koletzko *et al.*, 1995). Kehadiran asid-asid lemak tak tepu (C20:4 (n-6) dan C22 (n-3) didapati banyak diendapkan di dalam membran-membran non-milin untuk pembentukan sistem saraf pusat. Kekurangan bekalan asid-asid lemak tersebut didapati mengubah keupayaan pembelajaran dan fungsi penglihatan bayi (Innis, 1993).

Keterserapan lemak juga membantu keterserapan vitamin-vitamin larut lemak di dalam bahan. Apabila pengambilan zat pemakanan oleh haiwan melebihi keperluan metabolismanya, ia akan disimpan oleh badan haiwan tersebut (Hoar, 1975). Walau bagaimana pun, terdapatlah kemungkinan haiwan-haiwan yang mengumpulkan vitamin-vitamin larut berlebihan di dalam tisu-tisu mereka akan mengalami keadaan-keadaan yang toksik hypervitaminosis (Abdul Rahim, 1992; Siong *et al.*, 1988).

Komponen-komponen β -karotin dan α -tokoferol hanya disintesis oleh tumbuhan (Eric *et al.*, 1987; Siong *et al.*, 1988) dan di antaranya ialah pokok kelapa sawit, *Eleais guineensis* (Heidi, 1995; MPOPC, 1991; Ramli, 1994). Oleh itu haiwan-haiwan memperoleh β -karotin dan α -tokoferol daripada tumbuhan-tumbuhan dan menyimpannya di bahagian-bahagian organ tertentu seperti hati, otot, mata, kulit, usus dan lain-lain (Abdul Rahim, 1992; Siong *et al.*, 1988). Di dalam badan, α -tokoferol dan β -karotin akan mengalami tindakbalas tertentu (Rajah 1.1 dan 1.2) untuk menghasilkan vitamin E dan vitamin A masing-masing.

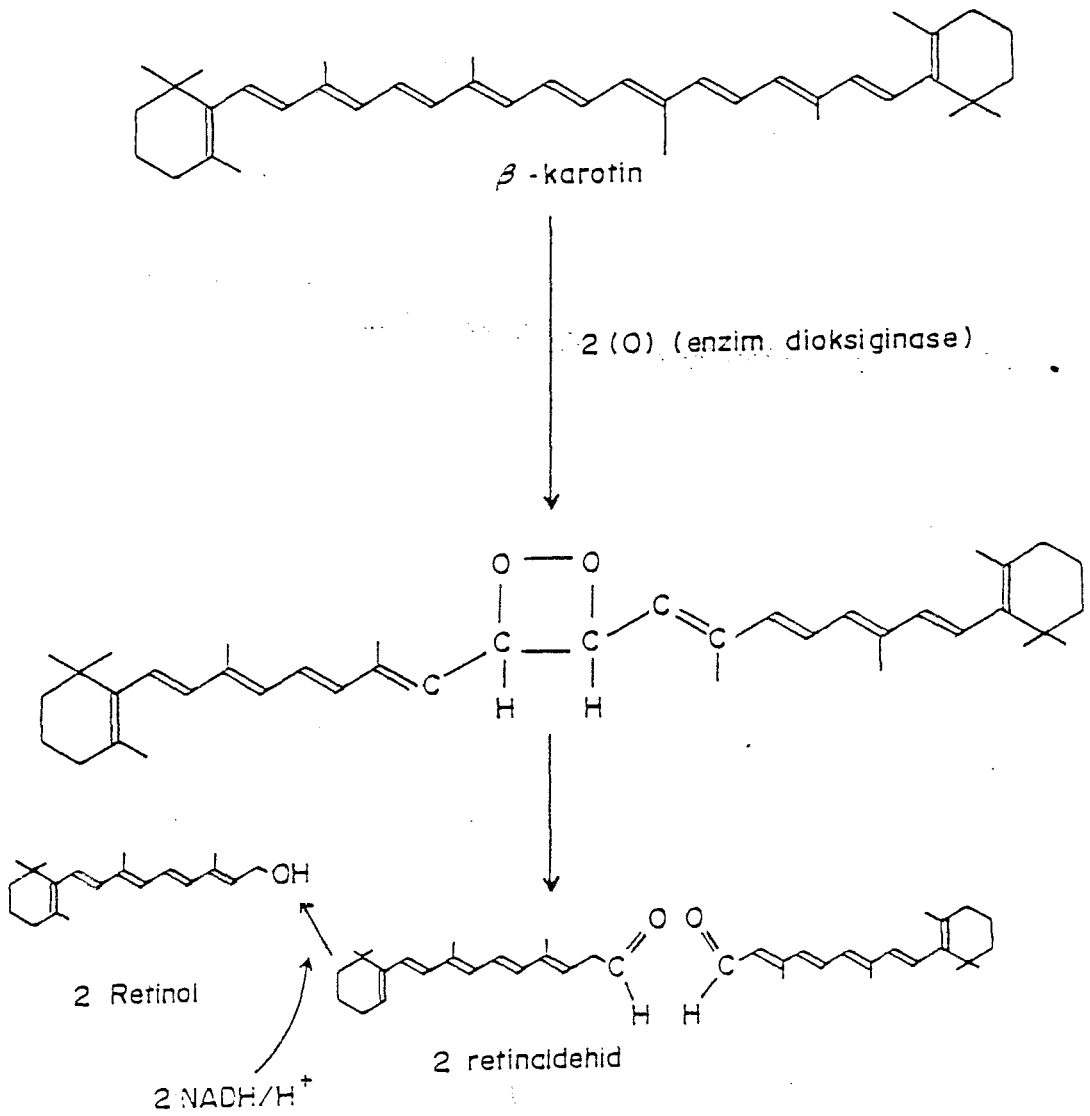


Rajah 1.1: Tindakbalas α -tokoferol untuk menghasilkan α -tokoferol kuinon (Eric *et al.*, 1987)

Vitamin E merupakan sejenis vitamin yang sangat penting kerana ia wujud sebagai bahan anti-oksidan di dalam setiap media samada tumbuh-tumbuhan yang mensintesiskan α -tokoferol itu sendiri, minyak, bahan-bahan mentah, produk-produk yang berupa makanan mahupun organ-organ di dalam badan haiwan di mana ia berupaya menamatkan tindakbalas-tindakbalas propengoksidaan rantaian-rantaian hidrokarbon seperti asid-asid lemak tidak tepu di dalam membran-membran biologi seperti sel-sel, mitokondria dan sistem retikulo-endothelium di dalam badan. Oleh itu, kehadirannya di dalam jasad-jasad hidup amat penting untuk menjamin keteguhan sel-sel, organel-organel dan organ-organ supaya tidak mengalami kerosakan akibat pengoksidaan atau ketuaan dan mengakibatkan kematian. Kehadirannya di dalam beberapa bahan seperti minyak kelapa sawit (sebagai tokoferol dan tokotrienol), makanan dan jasad hidup juga amat penting untuk menjaga kestabilan komponen-komponen asid-asid lemak tak tepu (C18:1 n-9), C18:2 n-6) dan (C18:3 n-3) (Drevon *et al.*, 1995), supaya ikatan dubel $-C=C-$ tidak dioksidkan. Komiyama *et al.*, (1989), mendapati vitamin E bukan sahaja mempunyai antioksidan tetapi juga antitumor kepada haiwan. Qureshi *et al.*, (1991) dan Tan *et al.*, (1991) mendapati bahawa vitamin E dari minyak kelapa sawit (Palm Vitee) dapat menurunkan aras kolesterol lipoprotein berketumpatan rendah dan total kolesterol serum di dalam badan manusia. Kekurangan vitamin E boleh

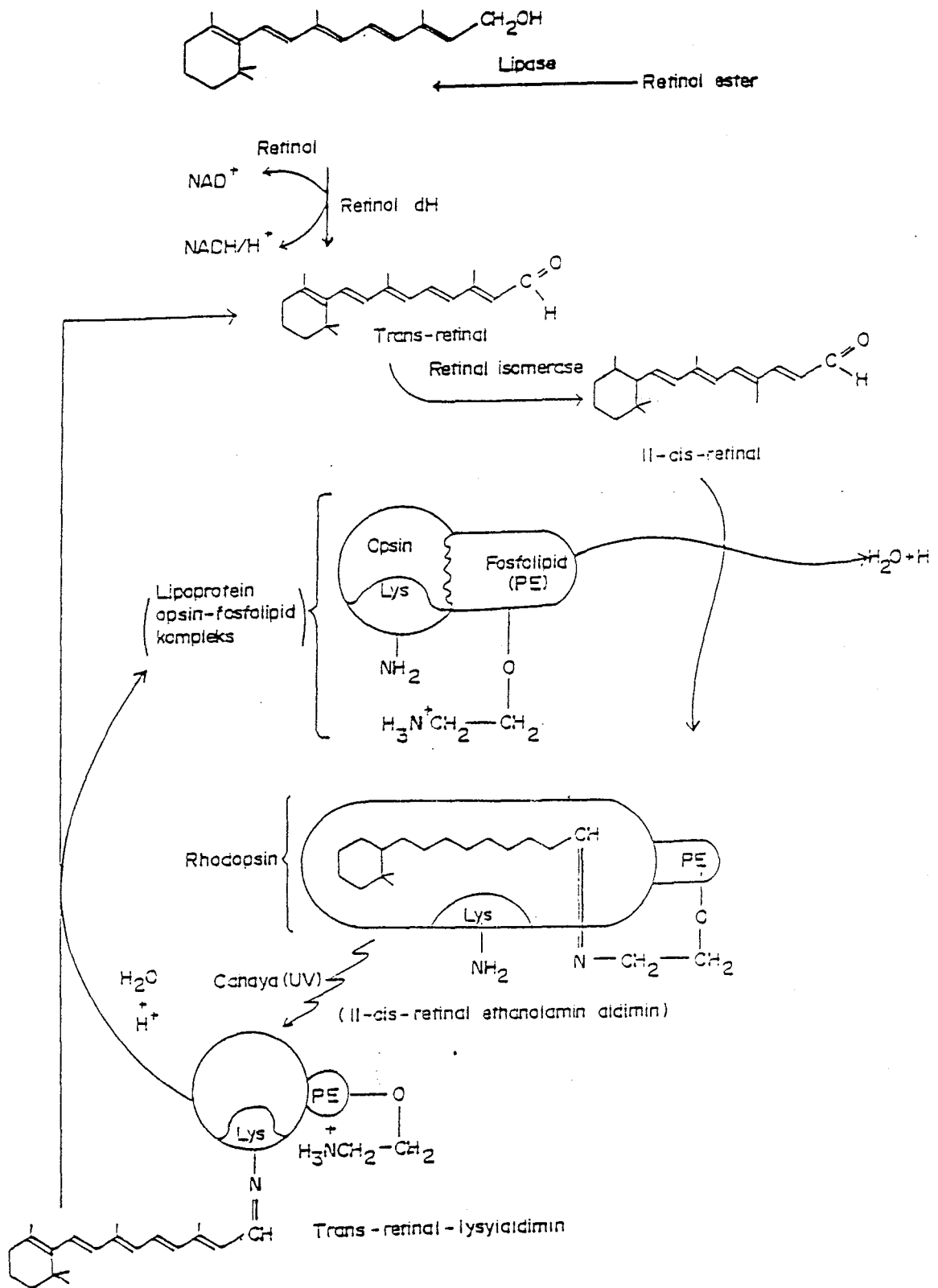
mendatangkan penyakit-penyakit exudatif diatheus, terencat tumbesaran, hati berlemak, anemia dan mengakibatkan kematian (VERIS 1991).

Vitamin A penting kepada haiwan untuk mengawal pertumbuhan dan pembezaan sel-sel, serta mengekalkan keteguhan tisu epithelium kulit dan mukus yang menutupi lapisan-lapisan luar rongga mulut, saluran dan sistem pernafasan, penghadaman dan sistem perkumuhan. Di dalam mukosa intestin, enzim oksigenase membelah β -karotin untuk menghasilkan aldehyd atau retinal yang kemudiannya diturunkan oleh enzim alkohol dihidrogenase kepada retinol atau vitamin A₂ seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1.2 (Eric *et al.*, 1987).



Rajah 1.2: Tindakbalas enzim dioksinase memotong rantai β -karotin untuk menghasilkan 2 retinol (Abd. Rahim, 1992 ; Eric *et.al.*, 1987).

Di dalam ikan air tawar, vitamin A hadir sebagai vitamin A₂ atau retinol. Di antara kepentingan retinol adalah berfungsi sebagai pembawa kalsium melintasi membran sel, terlibat di dalam proses pembiakan dan perkembangan embrio serta meneguhkan struktur sel. Di dalam mata, contohnya, retinol diperlukan untuk menghasilkan rhodopsin, protein peka kepada cahaya di dalam retina khususnya di dalam sel-sel reseptor cahaya yang dipanggil rod, yang digunakan untuk melihat cahaya yang berintensiti rendah. Di dalam sel-sel rod, retinol dioksidkan oleh enzim retinol dihidrogenase kepada semua trans-retinal yang kemudian diubah oleh retinal isomerase kepada 11-cis-retinal. Di dalam gelap, retinal bersama dengan opsin, membentuk rhodopsin yang peka cahaya. Komponen 11-cis-retinal diisomerkan menjadi semua trans-retinal yang tidak boleh membentuk ikatan-ikatan hidrofobik kepada kompleks opsin-fosfolipid apabila cahaya mengenai rhodopsin. Semua trans-retinal kemudian membentuk dasar Schiff's dengan kumpulan lisin di dalam opsin yang kemudiannya dihidrolisiskan kepada semua trans-retinal dan kompleks opsin-rhodopsin (Abd. Rahim, 1992; Eric *et al.*, 1987, Hoar, 1975). Oleh itu, kekurangan vitamin A pada haiwan akan menjejaskan keupayaan penglihatan pada waktu malam (Keton dan Gould, 1986). Tindakbalas di dalam retina mata ini ditunjukkan di dalam Rajah 1.3.



Rajah 1.3.: Tindakbalas-tindakbalas retinol dan retinal di dalam retina mata (Abd. Rahim, 1992; Eric *et al.*, 1987).

Komponen β -karotin hadir di dalam sel-sel lemak di bawah kulit sebagai pigmen pewarna (Brown, 1973). Kulit yang mempunyai banyak β -karotin akan bewarna lebih terang berbanding dengan kulit yang berkurangan β -karotin (Saxena, 1994). Pada masa ini, kehadiran β -karotin di dalam badan manusia sering dikaitkan dengan keupayaannya mengurangkan risiko-risiko penyakit barah di dalam paru-paru, saluran penghadaman dan beberapa organ lain. Kelebihan β -karotin di dalam badan cuma menyebabkan warna kulit pengguna menjadi warna kuning. Fenomena ini diistilahkan sebagai karotenodermia, berlaku apabila pengguna mengambil diet yang mengandungi jumlah β -karotin 30 mg sehari. Walau bagaimanapun, penyerapan β -karotin dan penukarannya kepada vitamin A bergantung kepada status vitamin A, jumlah β -karotin yang dihadamkan dan sifat makanan yang dimakan. Apabila vitamin A di dalam badan berkurangan, β -karotin ditukarkan menjadi vitamin A dengan cekapnya. Apabila aras retinol darah dan simpanan di dalam hati dinormalkan, proses penukaran β -karotin kepada vitamin A dikurangkan (Siong *et al.*, 1988). Oleh itu pengambilan β -karotin yang berlebihan tidak akan mendatangkan penyakit "hypervitaminosis A" (Charleux dan Salkeld, 1986). Riboli *et. al.*, (1996) melaporkan bahawa penggunaan minyak sayuran dan ikan dapat mengurangkan risiko kanser laring dan hipofaring. Kekurangan vitamin A pada ikan boleh menyebabkan beberapa

penyakit seperti xerophthemia, dema, pendarahan ginjal serta kulit menjadi pucat.

1.4. Sumber Lipid Tempatan yang Berpotensi

Di antara sumber lipid yang selalu digunakan untuk membantu tumbesaran di dalam makanan ikan trout pelangi adalah minyak ikan yang kaya dengan asid-asid lemak omega-3 (Castell *et al.*, 1972). Minyak kacang soya, walau bagaimanapun didapati tidak sesuai untuk ikan trout kerana ia mengandungi asid-asid lemak omega-6 yang boleh menekan tumbesaran (Yu dan Sinnhuber, 1976). Mat Saat dan Hashim, (1994), menunjukkan bahawa asid lemak sawit tersuling (ALST), iaitu sejenis produk sampingan dari industri penulenan minyak kelapa sawit (Mat Top *et al.*, 1987) berpotensi untuk digunakan sebagai sumber lipid kerana ia didapati membantu meningkatkan kandungan protein di dalam badan ikan. Di samping menjadi sumber lipid (Jadual 1.1.) di dalam makanan ikan keli, (Mat Saat dan Hashim, 1994) ALST juga didapati mempunyai kandungan tokoferol dan tokotrienol yang berpotensi sebagai sumber vitamin E, asid-asid lemak, gliserid, sterol dan hidrokarbon (Jadual 1.2) (Mat Top *et al.*, 1987).

Jadual 1.1 : Komposisi asid lemak di dalam asid lemak sawit tersuling ALTS dan Minyak Sawit Mentah (MSM)

Asid lemak		Kandungan (%) di dalam	
		ALST	MSM
Asid laurik	(12:0)	0.49	0.33
Asid miristik	(14:0)	1.17	1.15
Asid palmitik	(16:0)	43.10	44.39
Asid stearik	(18:0)	3.82	4.16
Asid oleik	(18:1 (n-9))	42.78	39.80
Asid linoleik	(18:2 (n-6))	9.36	9.91
Asid linolenik	(18:3 (n-3))	-	0.26

(Mat Saat dan Hashim, 1994)

Jadual 1.2: Kandungan asid lemak dan lain-lain hidrokarbon di dalam Asid Lemak Sawit Tersuling (ALST)

Komposisi	Peratus
Asid lemak	81.7
Gliserid	14.4
Sterol	0.34
Squalin	0.76
Tokoferol dan Tokotrienol	0.48
Lain-lain hidrokarbon	0.71
Lain-lain bendasing	1.60

(Mat Top *et al.*, 1987)

Disamping ALST, tanah peluntur terpakai (TPT), yang dikeluarkan oleh kilang penulen minyak kelapa sawit semasa

peringkat awal proses penulenan (Rajah 1.4) juga didapati mempunyai 25 - 28% minyak (Jadual 1.3) yang mengandungi β -karotin (Jian, 1986; MPOPC, 1991).

Jadual 1.3: Komposisi asid-asid lemak di dalam Tanah Peluntur Terpakai (TPT) dan Minyak Sawit Mentah (MSM).

Sampel	Peratusan asid-asid lemak					
	Laurik C12	Myristic C14	palmitik C16	Stearik C18:0	Oleik C18:1	Linoleik C18:2
Tanah Luntur Terpakai	0.18	1.02	49.9	2.62	39.66	6.78
Minyak Sawit Mentah	0.20	1.10	47.3	3.20	40.80	7.60

(Jian, 1986)

Legendree *et al.*, (1995) mendapati larva ikan keli Afrika (*Heterobranchus longifilis*) membesar dengan baik seperti larva yang diberi makanan tiruan (kering) yang mengandungi minyak kelapa sawit, manakala tumbesaran larva yang diberi makanan tiruan yang mengandungi minyak hati ikan kod menunjukkan tumbesaran yang perlahan. Sebaliknya makanan tiruan yang mengandungi minyak kacang atau minyak biji kapas menunjukkan tumbesaran yang sederhana. Kehadiran α -tokoferol di dalam ikan didapati dapat mencegah pengoksidaan lipid dengan baik (Stephen *et al.*, 1995) manakala kualiti isi ikan keli terusan (*Ichthalarus punctatus*) dapat ditingkatkan sebelum

penuaian dengan memberi diet yang mempunyai α -tokoferol di dalamnya, (Bai dan Gatlin, 1993). Kajian terhadap ikan salmon (*Salmo salar*) menunjukkan pigmentasi isi ikan tersebut dapat ditingkatkan dengan menambahkan β -karotin di dalam makanannya (Storebakken *et al.*, 1987). Penggunaan vitamin A pada kadar 3000 iu/kg makanan didapati dapat merawat penyakit Ichthyophthiriasis pada ikan (Snieszko, 1972).

1.5. Sumber Protein di dalam Makanan Ikan

Sejak sekian lama, serbuk ikan menjadi sumber protein yang penting kerana mempunyai nilai pemakanan yang tinggi untuk membekalkan asid-asid amino yang penting (arginin, histidin, isoleusin, leusin, lysin, methionin, fenilalanin, threonin, triptofan dan valin) kepada ikan. Walau bagaimanapun, jumlah asid-asid amino bagi sesuatu spesies ikan berbeza-beza antara satu sama lain tetapi kebiasaan jumlah keperluan protein adalah antara 30% hingga 40% (Cho *et al.*, 1985; Lim dan Doming, 1991; Lovell, 1981). Setelah permintaan terhadap ikan meningkat, ikan terpaksa dikulturkan dengan jumlah yang lebih banyak dan pengeluaran makanan untuk ikan pun terpaksa ditingkatkan. Oleh itu, kos serbuk ikan telah meningkat dan pengeluar makanan ikan terpaksa mencari alternatif lain untuk mengurangkan kos pengeluaran. Oleh kerana kacang soya didapati mempunyai profil asid-asid amino yang hampir sama dengan serbuk ikan, maka kacang soya telah dipilih untuk

menggantikan serbuk ikan (Lovell, 1983). Jadual 1.4 menunjukkan profil asid-asid amino di dalam beberapa bahan mentah seperti kacang soya, kacang tanah, biji kapas dan serbuk ikan.

Jadual 1.4: Kandungan asid amino perlu di dalam kacang soya, kacang tanah, biji kapas dan serbuk ikan menhaden.

Asid-asid Amino	Kacang soya	Kacang tanah	Biji kapas	Serbuk ikan
Arginin	7.25	9.10	9.17	5.59
Histidin	2.18	1.64	1.87	2.01
Isoleusin	4.01	3.29	2.03	4.11
Leusin	6.35	5.17	3.90	6.53
Lysin	5.82	3.17	1.58	6.69
Methionin dan Sistin	2.52	2.03	1.86	3.15
Fenilalanin dan tyrosin	7.08	6.89	6.01	6.30
Threonin	3.25	2.09	2.13	3.58
Triptofan	1.18	0.88	0.86	0.91
Valin	4.09	3.51	2.94	4.59

(Sumber: NRC, 1983)

* NRC: National Research Council

Walau bagaimanapun, kacang soya yang mentah didapati mempunyai perencat enzim yang boleh merencatkan tumbesaan ikan (Dabrowski *et al.*, 1989). Rawatan haba yang tidak melebihi

105°F telah didapati sesuai untuk merawat perencat tersebut dan kacang soya itu didapati sesuai untuk makanan ikan keli terusan (Lovell, 1980). Kini, semua industri makanan haiwan seluruh dunia menggunakan kacang soya sebagai sumber protein utama (Lim dan Akiyama, 1991) manakala bagi menghasilkan makanan ikan yang baik dengan harga dan kos yang optima, serbuk ikan dicampurkan dengan kacang soya (Lovell, 1985).

1.6. Proses Penulinan Minyak Kelapa Sawit serta Penghasilan ALST dan TPT

Di dalam sektor perladangan, pokok kelapa sawit (*Eleais guineensis*) yang pada mulanya diperkenalkan di Tanah Melayu pada tahun 1870 sebagai tanaman hiasan, telah berubah kepentingannya menjadi tanaman komersil yang sangat penting pada ketika ini (MPOPC 1991). Berdasarkan sistem pengurusan perladangan, penanaman kelapa sawit di Malaysia adalah yang terbesar di dunia. Pada tahun 1993 sahaja, pengeluaran minyak kelapa sawit Malaysia mencapai 7.4 juta tan metrik, menyumbangkan kira-kira 53% dari jumlah pengeluaran minyak sawit dunia dan merupakan 65% dari jumlah eksport dunia. Adalah dijangkakan bahawa pengeluaran minyak kelapa sawit Malaysia akan mencapai 8 juta tan metrik menjelang tahun 2000 (Akop, 1994; MTDC 1994). Sektor penyaringan dan oleokimia didapati meningkatkan penggunaan minyak kelapa sawit sebanyak 28.1% kepada 2.1 tan metrik dalam masa 3 bulan pada

tahun 1993. Pada masa ini keluasan penanaman kelapa sawit telah mencapai hampir 2.36 juta hektar (Basiron, 1995). Di dalam sektor perladangan, terdapat tiga kumpulan perladangan yang penting iaitu:

- a) estet swasta seperti Guthrie, Sime Darby, Dunlop, Harrison dan Crossfield dan lain-lain sebanyak 51%.
- b) badan-badan berkanun seperti FELDA dan FELCRA sebanyak 41% dan
- c) lain-lain syarikat dan perbadanan sebanyak 8%.

Pada masa ini hampir semua kilang-kilang penyaring minyak kelapa sawit di Malaysia menggunakan teknik menyaring secara fizikal untuk menghasilkan minyak sawit tulen yang dikenali sebagai RBD (Refined, Bleached and Deodorised). Ringkasan bagi proses ini ditunjukkan di dalam Rajah 1.4.