

PENCIRIAN SEBATIAN PERISA YANG TERDAPAT DALAM KOPI DENGAN
MENGUNAKAN KROMATOGRAFI GAS-JISIM SPEKTROMETRI

MALTIDAH BINTI SONGKONGON

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM KIMIA INDUSTRI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

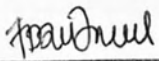
APRIL 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.



APRIL, 2007

MALTIDAH SONGKONGON

HS2004-3880



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENCIRIAN SEBATIAN PERUSA YANG TERDAPAT DALAM Kopi DENGAN MENGGUNAKAN KROMATOGRAFI GAS-SISIM SPEKTROMETRI
 Ijazah: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

SESI PENGAJIAN: 2004-2007

Saya MALTIDAH SONGKONGON

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Maltidah Songkongon
 (TANDATANGAN PENULIS)

Dr Suhaimi Md Yasin
 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: A 39-37, LRG 8, TAMAN INDAH PERMAI, SEPANGAR, 68450, KOTA KINABALU, SABAH

DR SUHAIMI MD YASIR
 Nama Penyelia

Tarikh: 25/04/2007

Tarikh: 25/04/2007

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

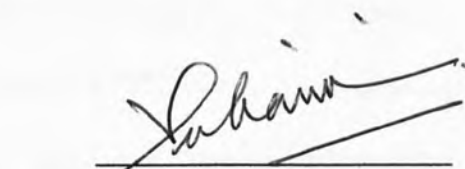
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



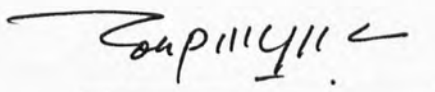
PENGESAHAN

Nama : Maltidah Songkongon


Tajuk : Pencirian Sebatian Perisa Yang Terdapat Dalam Kopi Dengan Menggunakan
Kromatografi Gas- Jisim Spektrometri



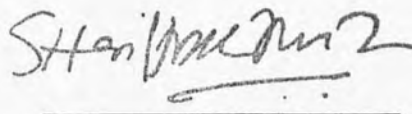
(Dr. Suhaimi Md. Yasir)



(En. Moh Pak Yan)



(En. Jahimin Asik)



DEKAN

(Prof. Madya Dr. Shariff A.K. Omang)

APRIL, 2007



PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya Dr. Suhaimi Md. Yasir, En. Adrian Lapongan dan kakitangan Pusat Penyelidikan Pertanian Lagud Sebrang, Tenom, En. Mohd Raffae dan Pn. Ohol Sumaki di atas segala tunjuk ajar, bantuan dan sokongan dalam melaksanakan projek tahun akhir saya ini. Penghargaan ini juga ditujukan kepada pihak Universiti Malaysia Sabah (UMS) yang menyediakan kemudahan untuk melaksanakan projek ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan seperjuangan saya di bawah seliaan Dr. Suhaimi yang banyak membantu saya secara langsung dan tidak langsung.



ABSTRAK

Kopi telah dipanggang dengan suhu 200°C, 210°C dan 220°C. Sebatian-sebatian perisa yang terdapat dalam kopi telah diekstrak dengan menggunakan kaedah penyulingan-pengekstrakan serentak. Sebatian-sebatian perisa yang telah diekstrak ini telah dianalisis dengan menggunakan kromatografi gas-jisim spektrometri. Sebatian-sebatian perisa di dalam kopi ditentukan dengan membandingkan puncak-puncak dalam kromatogram gas dengan perpustakaan MS (Main Library). Didapati bahawa sebatian-sebatian yang terbentuk daripada sampel kopi dengan suhu pemanggangan berbeza adalah tidak sama antara satu sama lain. Sebatian yang didapati adalah sebatian aldehid, sebatian keton, sebatian sulfur, sebatian nitrogena, sebatian fenol, sebatian oksazol, sebatian piridin dan sebatian pirol.



ABSTRACT

Coffee was roasted at 200°C, 210°C and 220°C. Flavor compounds in coffee were extracted with simultaneous distillation-extraction. The flavor compounds for each samples was analyzed by gas chromatography- mass spectrometry. Flavor compounds were determined by comparing peaks from the gas chromatogram with mass spectrometry main library. It is observed that the flavor compounds with different roasting temperatures are different from each other. Compounds that were identified were aldehyde compounds, ketone compounds, sulphur compounds, nitrogenous compounds, phenol compounds, oxazole compounds, pyridine compounds and pyrrole compounds .



SENARAI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	i
PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SENARAI KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	x
SENARAI LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif kajian	4
1.3 Skop kajian	4
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1 Ekologi kopi	5
2.2 Spesies kopi	6
2.2.1 <i>Coffea canephora</i>	6
2.2.2 <i>Coffea arabica</i>	7



2.2.3	<i>Coffea liberica</i>	7
2.3	kaedah pemprosesan biji kopi	8
2.3.1	Penyingkiran Biji kopi daripada buah	9
2.4	Kaedah pemprosesan kering	10
2.5	Kaedah pemprosesan basah	10
2.5.1	Fermentasi	11
2.5.2	Pengeringan	13
2.6	Rawatan	13
2.7	Pemanggangan	14
2.8	Pengekstrakan	16
2.9	Kromatografi gas	18
2.9.1	Tindak balas Maillard	20
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	22
3.1	Sampel	22
3.2	Bahan	22
3.3	Alat radas	22
3.4	Kaedah Pengekstrakan	23
(a)	Penyediaan sampel	23
(b)	Kromatografi gas – jisim spektrometri	24
BAB 4	HASIL DAN PERBINCANGAN	25
BAB 5	KESIMPULAN	39
RUJUKAN		40
LAMPIRAN		42



SENARAI JADUAL

No.	Jadual	Muka surat
2.1	Perbandingan antara spesies kopi <i>Coffea arabica</i> dan <i>Coffea canephora</i>	8
4.1	Keputusan kualitatif dan kuantitatif untuk sebatian-sebatian perisa dalam kopi yang dipanggang pada suhu 200°C dengan menggunakan perpustakaan MS (Main Library)	33
4.2	Keputusan kualitatif dan kuantitatif untuk sebatian-sebatian perisa dalam kopi yang dipanggang pada suhu 210°C dengan menggunakan perpustakaan MS (Main Library)	38
4.3	Keputusan kualitatif dan kuantitatif untuk sebatian-sebatian perisa dalam kopi yang dipanggang pada suhu 220°C dengan menggunakan perpustakaan MS (Main Library)	39



SENARAI RAJAH

No.	Rajah	Muka surat
2.1	Rajah biji kopi	9
2.2	Menunjukkan peringkat pemprosesan basah dan kering	12
2.3	Prinsip mekanikal dalam kaedah pemanggangan	15
2.4	Kromatogram gas sebatian meruap HS daripada kopi	18
2.5	Kromatogram gas sebatian meruap SDE daripada kopi	19
4.1	Kromatogram gas sebatian pirazina di dalam pelarut diklorometana.	29
4.2	Kromatogram gas sebatian perisa kopi robusta yang dipanggang pada suhu 200°C	29
4.3	Kromatogram gas sebatian perisa kopi robusta yang dipanggang pada suhu 210°C	30
4.4	Kromatogram gas sebatian perisa kopi robusta yang dipanggang pada suhu 220°C	30



SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

m	Meter
g	Gram
kg	Kilogram
mL	Mililiter
L	Liter
GC-MS	Gas chromatography-mass spectrometry
HS	Head-space
SDE	Simultaneous distillation extraction



SENARAI LAMPIRAN

	Muka Surat
Lampiran A Kromatogram gas sebatian perisa kopi robusta yang dipanggang pada suhu 220°C	38
Lampiran B Struktur sebatian-sebatian perisa kopi yang dipanggang pada suhu 220°C dengan masa penahanan tertentu yang didapati daripada perbandingan perpustakaan MS (Main Library)	39
Lampiran C Struktur sebatian-sebatian perisa kopi yang dipanggang pada suhu 210°C dengan masa penahanan tertentu yang didapati daripada perbandingan perpustakaan MS (Main Library)	45
Lampiran D Struktur sebatian-sebatian perisa kopi yang dipanggang pada suhu 200°C dengan masa penahanan tertentu yang didapati daripada perbandingan perpustakaan MS (Main Library)	49



Kajian analitikal terhadap sebatian yang menjadi faktor kepada aroma yang menyenangkan dan juga rasa kopi yang menyegarkan ini telah dijalankan selama lebih daripada 100 tahun. Lebih daripada 800 sebatian meruap dengan berbagai kumpulan berfungsi telah dikenalpasti dan dilaporkan (M. Czerny *et al.*, 1999). Perisa kopi bergantung kepada beberapa faktor seperti spesies kopi, keadaan geografi pertumbuhan termasuk tanah dan altitud, kaedah pemprosesan buah samada basah atau kering, umur biji kopi dan juga keadaan semasa pemanggangan (Donald *et al.*, 2003). Komponen-komponen yang terdapat dalam kopi juga mudah mengalami perubahan dan bertindak balas dalam setiap peringkat pemprosesan kopi (Clarke *et al.*, 1985).

Biji kopi yang tidak dipanggang (biji kopi mentah) tidak mempunyai rasa mahupun aroma seperti yang diinginkan. Ciri-ciri perisa dan juga aroma ini terbentuk hanya selepas proses pemanggangan dengan darjah pemanggangan tertentu. Semasa proses pemanggangan pada suhu yang tinggi ini, biji kopi melalui beberapa perubahan fizikal dan kimia, terutamanya suhu di atas 180-200 °C (S. Casal *et al.*, 2004). Dalam kajian ini, darjah pemanggangan diberi perhatian sebagai faktor kepada perubahan dan pembentukan ciri-ciri sebatian yang memberi ciri-ciri perisa, aroma dan fizikal biji kopi.

Semasa pemanggangan, pembentukan sebatian perisa dan aroma berlaku melalui tindak balas Maillard dan juga degradasi Strecker. Tindak balas - tindak balas yang terlibat dalam pembentukan aroma kopi ini adalah sangat kompleks dengan tindak balas Maillard dan Strecker (Maria *et al.*, 1995). Dalam tindak balas Maillard, beberapa kumpulan protein akan bertindak balas dengan gula, manakala degradasi Strecker



1.2 Objektif kajian

- a) Mengenalpasti sebatian-sebatian perisa yang terdapat dalam kopi menggunakan kromatografi gas-spektrometri jisim (GC-MS).
- b) Mengetahui perbezaan pada sebatian-sebatian perisa yang terbentuk untuk darjah pemanggangan yang berbeza.

1.3 Skop Kajian

Skop kajian adalah sebatian-sebatian yang membentuk perisa kopi. Spesies kopi yang dikaji ialah *Coffea canephora* (robusta) dari kawasan Tenom, Sabah. Analisis sebatian-sebatian perisa ini adalah dengan menggunakan kromatografi gas-spektrometer jisim.

BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 Ekologi Kopi

Kopi merupakan tumbuhan tropika yang tumbuh di antara latitud 25° U dan 25° S. kopi memerlukan keadaan persekitaran yang sangat tersendiri untuk tujuan komersial. Keperluan terhadap keadaan persekitaran adalah berdasarkan variasi yang tumbuh.

Purata suhu yang ideal untuk *Coffea canephora* adalah di antara 24°C hingga 30°C . Variasi *Coffea canephora* boleh bertahan dalam keadaan persekitaran yang lebih panas dan kering tetapi tidak dapat tumbuh pada suhu yang rendah daripada 15°C . Semua jenis kopi adalah mudah rosak oleh keadaan persekitaran yang sejuk.

Secara amnya, kopi memerlukan hujan tahunan di antara 1500 hingga 3000 mm. corak musim seperti musim hujan dan musim kering adalah penting untuk pertumbuhan, percantuman dan pendebungaan. Keperluan hujan adalah bergantung kepada ciri-ciri tanah, kelembapan atmosfera dan litupan awan. *Coffea canephora* dapat tumbuh diantara paras laut iaitu lebih kurang 800 m (Clarke, 1987).



2.2 Spesies Kopi

Kopi tergolong dalam famili botani Rubiaceae yang mempunyai 500 genera dan lebih daripada 600 spesies. Semua jenis spesies *Coffea* adalah berkayu dan mempunyai pokok yang bersaiz kecil hingga besar yang boleh mencapai ketinggian sehingga 10 m lebih. Daun-daunnya boleh berwarna kekuningan, hijau gelap, ataupun gangsa. Dua spesies *Coffea* yang penting secara ekonomi adalah *Coffea arabica*- lebih kurang 80% penghasilan dunia dan juga 20% untuk *Coffea canephora*. Kurang daripada 1% adalah untuk penghasilan *Coffea liberica*.

2.2.1 *Coffea canephora*

Istilah 'robusta' sebenarnya disebabkan oleh variasi yang tumbuh secara besarnya dalam spesies ini. Spesies ini tumbuh pada ketinggian sehingga 10 m dengan daun seperti kulit tetapi mempunyai sistem akar yang tidak dalam. Buah kopi spesies ini adalah berbentuk bulat dan lebih kecil dan memerlukan sehingga 11 bulan untuk matang. Biji benihnya berbentuk bujur dan lebih kecil berbanding kopi daripada spesies *Coffea arabica*. Kopi spesies ini tumbuh di kawasan Asia Tenggara dan sedikit di Brazil yang dikenali sebagai Conillon.



2.2.2 *Coffea arabica*

Coffea arabica pada mulanya telah diterang dan digambarkan oleh Linnaeus pada 1753. Dua variasi yang paling diketahui daripada spesies ini ialah variasi *typical* dan variasi *bourbon*. Secara puratanya, tumbuhan daripada spesies ini mempunyai daun hijau tua yang bujur.

Kopi secara genetiknya berbeza daripada spesies kopi yang lain, seperti yang terdapat dalam Jadual 3.1 iaitu ia mempunyai 4 set kromosom ($2n = 44$). Bentuk buahnya adalah bujur dan matang dalam 7 hingga 9 bulan. Spesies ini biasanya mempunyai 2 biji Benih yang rata (biji kopi). Apabila hanya satu daripadanya berkembang ia dipanggil sebagai beri kacang hijau. Spesies ini selalunya mudah terkena penyakit dan juga serangan serangga dan binatang perosak. Kopi daripada spesies ini tumbuh di kawasan Latin Amerika, pada pertengahan dan timur Afrika, India dan sedikit di bahagian Indonesia dan juga Malaysia.

2.2.3 *Coffea Liberica*

Kopi daripada spesies ini tumbuh sebagai pokok besar dan kuat sehingga ketinggian pada 18 m dan mempunyai daun seperti kulit. Buah dan juga biji benih kopi daripada spesies ini juga besar. Kopi ini tumbuh di Malaysia dan di bahagian barat Afrika tetapi dijual dalam kuantiti yang sangat sedikit kerana permintaan terhadap ciri-ciri rasanya yang rendah.

Jadual 2.1 Perbandingan Antara Spesies Kopi *Coffea arabica* dan *Coffea canephora*

	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Kromosom (2n)	44	22
Masa daripada pendebungaan sehingga buah masak	9 bulan	10-11 bulan
pendebungaan	Selepas hujan	Tidak tentu
Buah masak	Gugur	Tidak Gugur
Sistem Akar	Dalam	Tidak Dalam
Suhu Optimum (purata tahunan)	15°C - 24°C	24°C – 30°C
Hujan Optimum	1500 mm – 2000 mm	2000 mm – 3000 mm
Pertumbuhan Optimum	1000m – 2000m	700 m
Penyakit buah	Mudah dijangkiti	Tahan
Kandungan Kafein	0.8 % - 1.4%	1.7% - 4.0%
Bentuk biji	rata	Bujur
Badan biji	berasid	Pahit

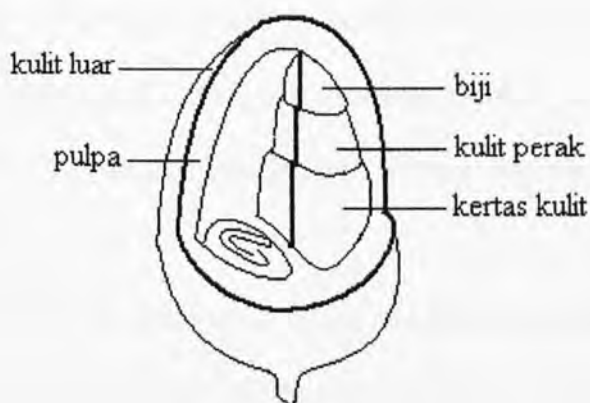
2.3 Kaedah pemprosesan biji kopi

Terdapat 2 peringkat dalam penghasilan kopi iaitu peringkat biji kopi disingkirkan daripada buah dan dikeringkan sebelum biji kopi tersebut dipanggang dan juga peringkat biji kopi dipanggang untuk membentuk ciri-ciri perisa yang dikehendaki.

2.3.1 Penyingkiran biji kopi daripada buah.

Biji kopi adalah biji benih dalam buah kopi yang seakan-akan buah ceri yang berwarna merah apabila masak. Pulpa merupakan bahagian yang mengandungi gula dan pektin. Di bawah pulpa, terdapat 2 biji benih (endoskap) yang setiap satunya dilapisi oleh lapisan yang dipanggil sebagai kertas kulit. Bahagian rata yang ada pada setiap biji benih akan tersusun seperti dalam Rajah 3.1.

Apabila buah kopi masak, terbentuk musilaj yang mengelilingi lapisan kertas kulit. Di bawah lapisan kertas kulit pula terdapat satu lagi membran yang lebih nipis yang dipanggil sebagai kulit perak (lapisan kepada biji benih). Biji kopi mesti dialihkan daripada buah dan dikeringkan sebelum biji kopi tersebut dipanggang. Ini boleh dilakukan dalam 2 cara yang dikenali sebagai kaedah kering dan kaedah basah.



Rajah 2.1 Biji kopi

2.4 Kaedah pemprosesan kering

Kaedah basah ataupun lebih dikenali sebagai kaedah semulajadi adalah kaedah yang tertua, ringkas dan memerlukan kerja-kerja mesin yang sedikit. Kaedah ini melibatkan pengeringan seluruh buah kopi sejurus selepas penuaian buah kopi. Terdapat variasi terhadap proses yang mungkin dijalankan kerana ia bergantung kepada saiz ladang, kemudahan yang disediakan dan kualiti akhir yang diinginkan. 3 langkah asas adalah pengeringan, pembersihan dan pengopekan kulit. Suhu yang tidak sesuai pada peringkat pengeringan akan menyebabkan penyahwarnaan (Clarke & Macrae, 1985).

2.5 Kaedah pemprosesan basah

Teknik memproses ini memastikan produk dengan kualiti yang lebih tinggi. Ini disebabkan oleh kualiti intrinsik (dalaman) biji kopi yang dikekalkan dengan lebih baik, menghasilkan biji kopi yang homogenus dan mempunyai biji kopi yang rosak (defektif). Teknik ini selalu digunakan untuk menyediakan kopi arabica yang lembut. Teknik ini menggunakan peralatan yang spesifik dan kuantiti air yang banyak.

Perbezaan penting yang terdapat di antara kaedah pemprosesan kering dan basah adalah hampir semua lapisan luar pada biji kopi disingkirkan sebelum pengeringan seperti Rajah 3.2. Walaupun selepas penuaian yang berhati-hati, wujud sebilangan buah kopi yang kering dan tidak masak seperti juga batuan dan kotoran bersama buah kopi yang

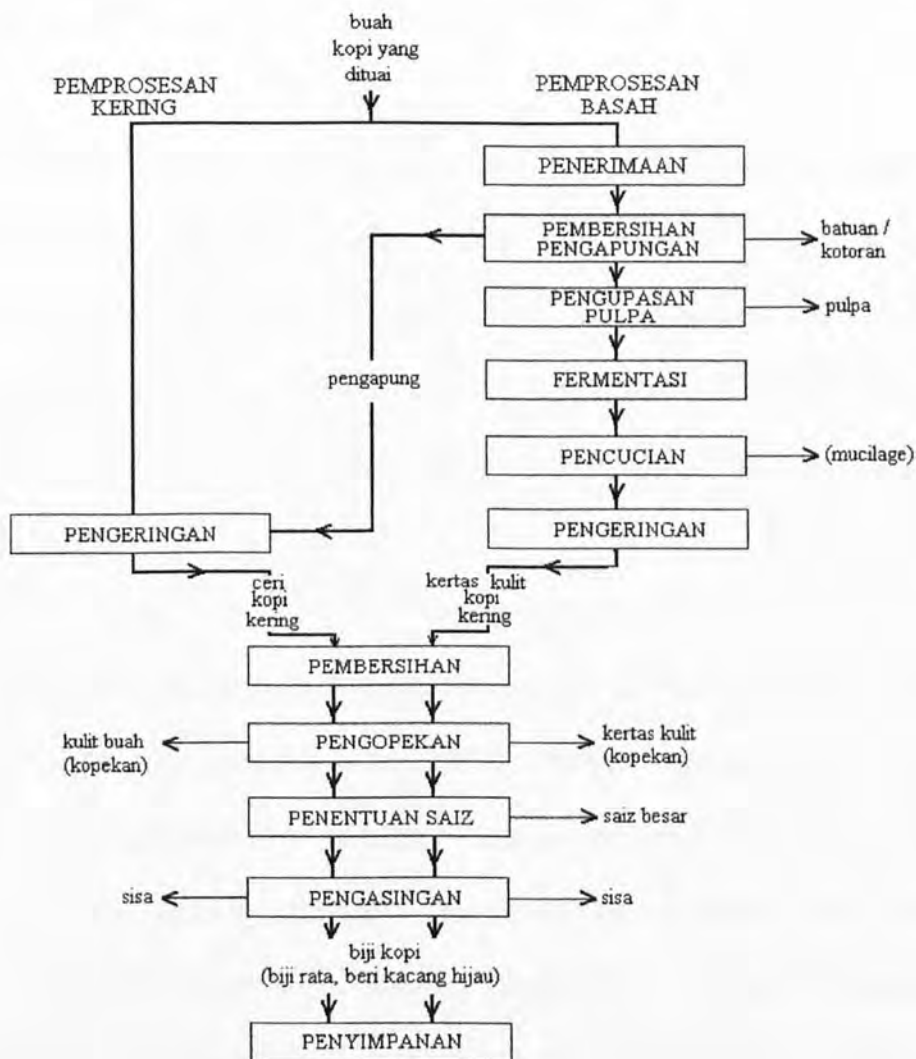
masak. Ini boleh dielakkan melalui proses pencucian buah kopi di dalam tangki yang diisi dengan air yang mengalir (Wrigley, 1988).

2.5.1 Fermentasi

Pengupasan pulpa dilakukan secara mekanikal jadi ini bermaksud bahawa biasanya terdapat beberapa residu isi dan juga mucilaj yang melekat pada lapisan kertas kulit pada biji. Ini perlu disingkirkan sepenuhnya untuk mengelakkan jangkitan pada biji kopi daripada produk disebabkan oleh degradasi musilaj.

Biji kopi yang baru di kupas pulpanya diletakkan di dalam tangki fermentasi di mana musilaj dihuraikan oleh enzim semulajadi sehingga ia boleh dipisahkan daripada biji kopi. Fermentasi yang tidak dijaga dengan berhati-hati akan menyebabkan kopi mendapat rasa masam yang tidak diingini.





Rajah 2.1 Menunjukkan peringkat pemrosesan basah dan kering

Kebanyakan penyingkiran musilaj kopi adalah di antara 24 hingga 36 jam bergantung kepada suhu, ketebalan lapisan musilaj dan kepekatan enzim. Apabila fermentasi selesai, tiada lagi tekstur licin pada lapisan kertas kulit. Ini boleh ditentukan dengan memegang biji kopi untuk menilai tekstur biji kopi.

2.5.2 Pengeringan

Selepas fermentasi siap, kopi akan dicuci dengan air bersih di dalam tangki ataupun dalam mesin basuh yang khas. Lapisan kertas kulit yang basah pada peringkat ini mempunyai lebih kurang 57% lembapan. Untuk mengurangkan lembapan kepada optimum 12%, lapisan kertas kulit kopi akan dikeringkan samada dengan matahari, pengering mekanikal ataupun dengan kombinasi kedua-dua cara pengeringan yang telah disebut tadi.

Pengeringan matahari dilakukan di atas konkrit rata atau kawasan berbata yang luas ataupun di atas meja yang diperbuat daripada jaringan wayar halus. Biji kopi tersebut diletakkan dengan ketebalan 2 cm hingga 10 cm di atas tempat pengeringan yang telah disebut tadi. Kopi ini akan diterbalik dan digaul secara kerap untuk memastikan pengeringan yang rata. Pengeringan matahari memerlukan 8 hingga 10 hari bergantung kepada suhu dan kelembapan persekitaran. Proses ini mestilah dikawal dengan berhati-hati untuk mencapai kepuasan dan pengeringan yang ekonomi tanpa sebarang kerosakan pada kualiti kopi (Clarke & Macrae, 1985).

2.6 Rawatan

Langkah terakhir dalam penyediaan biji kopi dikenali sebagai rawatan. Langkah ini bermula daripada peringkat pembersihan sehingga peringkat pengasingan seperti dalam gambarajah 3.2. Langkah rawatan ini berlaku dalam kedua-dua kaedah pemprosesan biji

RUJUKAN

- Cai J, Liu B, Su Q, 2001. Comparison of simultaneous distillation extraction and solid phase microextraction for the determination of volatile flavour components. *Journal of Chromatography A* **930** (1-2): 1-7.
- Stephan A, Bücking M, Steinhart H, 2000. Novel analytical tools for food flavours. *Food Research International* **33** (3-4): 199-209.
- Dorfner R, Ferge T, Yeretzian C, Kettrup A, Zimmermann R, 2004. *Analytical Chemistry* **76** (5): 1386-1402.
- Els S, Preston C, Appel M, Heckel F, Schreier P, 2005. Influence of technological processing on apple aroma analysed by high resolution gas chromatography–mass spectrometry and on-line gas chromatography-combustion/pyrolysis-isotope ratio mass spectrometry. *Food Chemistry* **98** (2006): 269–276.
- Ginz M, Enelhardt U.H, 2000. Identification of Proline-Based Diketopiperazines in Roasted Coffee. *Journal of Agricultural Food Chemistry* **48** (2000):3528-3532.
- Harada K, Nishimura O, Mihara S, 1987. Rapid analysis of coffee flavour by gas chromatography using a pyrolyzer. *Journal of Chromatography* **391**: 457-460.
- Huang L.F, Wu M.J, Zhong K.J, Sun X.J, Liang Y.Z, Dai Y.H, Huang K.L, Guo F.Q, 2007. Fingerprint Developing of Coffee Flavor by Gas Chromatography-mass spectrometry and combined chemometrics method (sedang diterbitkan)



- Knerr T, Lerche H, Pischetsrieder M, Severin T, 2001. Formation of a Novel Colored Product during the Maillard Reaction of D-Glucose. *Journal of Agricultural Food Chemistry* **49** (4): 1966-1970.
- Lyman D.J, Benck R, Dell S, Merle S, Wijelath J.M, 2003. FTIR-ATR Analysis of Brewed Coffee: Effect of roasting Conditions. *Journal of Agricultural Food Chemistry* **51** (11): 3268-3272.
- Maria C.A.B, Trugo D.L.C, Neto F.R.A, Moreira R.F.A, Alviano C.S, 1995. Composition of green coffee water-soluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. *Food Chemistry* **55** (3): 203-207.
- Clarke R. J, Macrae R. 1985. *Coffee (Volume 1: Chemistry)*. Applied Publisher, London & New York, 1-146.
- Wrigley G. 1988. *Coffee (tropical agriculture series)*. John Wiley & Sons, Inc, New York, 68- 515.

