

KESAN SUHU DAN AGEN PENGKAPSUL
TERHADAP CIRI-CIRI FIZIKOKIMIA
SERBUK ROSEL-NANAS (*HIBISCUS
SABDARIFFA-ANANAS COMOCUS*)

AHMAD FARIMIN AHMAD OSMAN



UMP

SARJANA KIMIA INDUSTRI
UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG

UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG

PENGAKUAN TESIS DAN HAK CIPTA

Nama penuh penulis : AHMAD FARIMIN BIN AHMAD OSMAN
Tarikh lahir : 21 MEI 1984
Tajuk : KESAN SUHU DAN AGEN PENGKAPSUL TERHADAP CIRI-CIRI FIZIKOKIMIA SERBUK ROSEL-NANAS (*HIBISCUS SABDARIFFA-ANANAS COMOCUS*)
Sesi akademik : 2013/ 2014

Saya akui tesis ini dikelaskan sebagai:

- SULIT** (Mengandungi maklumat sulit di bawah Akta Rahsia Rasmi 1972)*
- TERHAD** (Mengandungi maklumat yang terhad seperti yang dispesifikasikan oleh organisasi di mana kajian telah dilakukan)*
- AKSES TERBUKA** Saya bersetuju tesis saya diterbitkan sebagai akses terbuka atas talian (Teks penuh)

Saya mengakui bahawa Universiti Malaysia Pahang mempunyai hak seperti berikut:

1. Tesis ini adalah Hak Milik Universiti Malaysia Pahang
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Pahang berhak membuat salinan untuk tujuan penyelidikan sahaja
3. Perpustakaan berhak membuat salinan tesis ini untuk pertukaran akademik

Disahkan oleh:

(Tandatangan Pelajar)

840521-11-5973

No. K/P / Nombor Pasport
Tarikh: 3 September 2014

(Tandatangan Penyelia)

PROF. MADYA NORDIN BIN ENDUT

Nama Penyelia
Tarikh: 3 September 2014

KESAN SUHU DAN AGEN PENGKAPSUL TERHADAP CIRI-CIRI FIZIKOKIMIA
SERBUK ROSEL-NANAS (*HIBISCUS SABDARIFFA-ANANAS COMOCUS*)



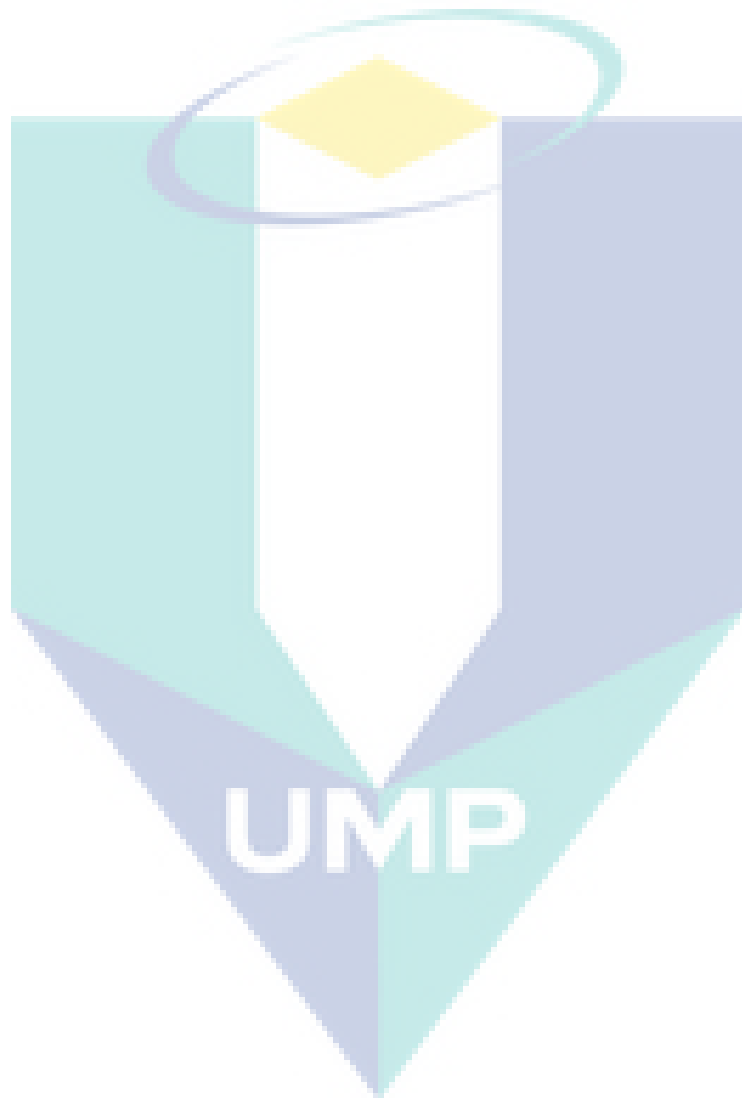
AHMAD FARIMIN BIN AHMAD OSMAN

Tesis yang dikemukakan untuk memenuhi syarat memperolehi ijazah Sarjana Sains
(Kimia Industri)

UMP
Fakulti Sains dan Teknologi Industri
UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG

SEPTEMBER 2014

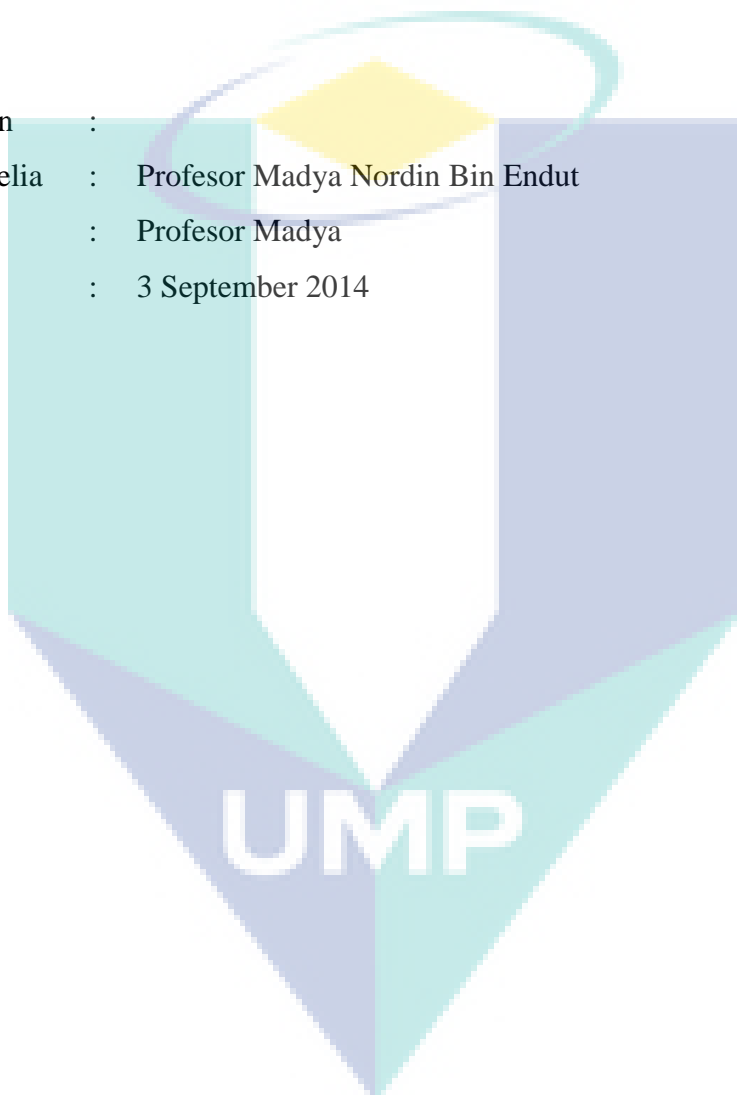
Tesis yang dikemukakan untuk memenuhi syarat memperoleh ijazah Sarjana Sains
(Kimia Industri)



PENGAKUAN PENYELIA

Saya akui bahawa saya telah memeriksa tesis ini dan pada pendapat saya, tesis ini mencukupi dari segi skop dan kualiti bagi penganugerahan ijazah Sarjana Sains (Kimia Industri).

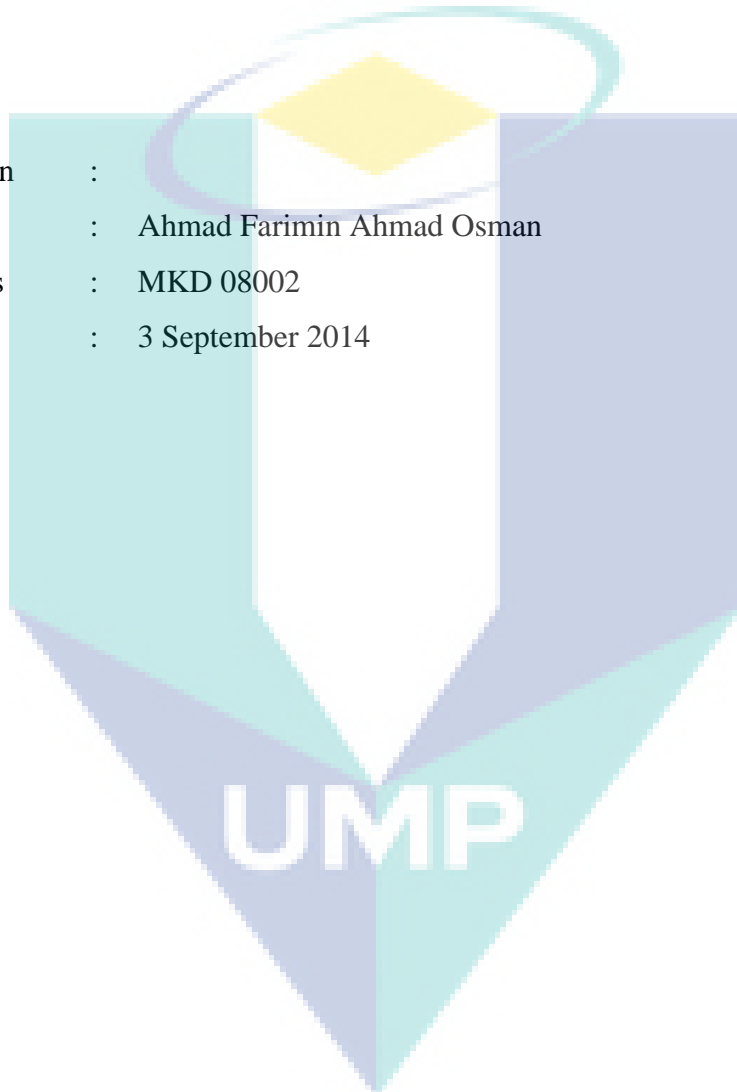
Tandatangan :
Nama Penyelia : Profesor Madya Nordin Bin Endut
Jawatan : Profesor Madya
Tarikh : 3 September 2014



PENGAKUAN PELAJAR

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Tesis ini belum pernah diterima untuk mana-mana ijazah dan tidak dikemukakan serentak untuk penganugerahan ijazah yang lain.

Tandatangan :
Nama : Ahmad Farimin Ahmad Osman
No. Matriks : MKD 08002
Tarikh : 3 September 2014



DEDIKASI



PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, selawat dan salam ke atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, ahli keluarga dan para sahabatnya yang soleh. Syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan limpah kurnia-Nya penulisan tesis ini dapat disempurnakan.

Pada kesempatan ini, saya ingin merakamkan jutaan penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya iaitu Prof. Madya Nordin Endut atas bantuan yang begitu besar, bimbingan, teguran dan nasihat yang tidak ternilai sehingga menguatkan lagi semangat saya untuk menyiapkan tesis ini. Terima kasih juga kepada semua pensyarah Fakulti Sains dan Teknologi Industri dan Fakulti Kejuruteraan Kimia dan Sumber Asli, Universiti Malaysia Pahang yang sering menjadi tempat rujukan saya. Semoga Allah SWT memberkati kalian untuk terus mencurahkan ilmu dan khidmat bakti kepada agama, nusa dan bangsa.

Setinggi penghargaan buat semua kakitangan Perpustakaan Universiti Malaysia Pahang, Perpustakaan Tun Seri Lanang (PTSL), Universiti Kebangsaan Malaysia; Perpustakaan Universiti Malaya (UM) Perpustakaan Universiti Emiriah Arab Bersatu (UAEU), Perpustakaan Pusat Universiti Kyung Hee, Republik Korea dan Perpustakaan Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM) kerana kerjasama yang diberikan sepanjang kajian ini dijalankan.

Seterusnya, penghargaan teristimewa saya buat isteri tercinta, Fatimah Zaharah Ismail yang telah banyak berkorban tenaga dan perasaan, sentiasa memberi sokongan dan nasihat tanpa jemu. Juga saya titipkan terima kasih khas ibu bapa tersayang, Puan Halimah Koskani Abdul Hamid dan Tuan Ahmad Osman bin Mohamed Hussain serta Puan Khatijah binti Ibrahim dan Tuan Ismail bin Othman atas doa yang tidak pernah putus ke atas kejayaan saya. Akhir sekali buat adik-beradik tercinta serta seisi keluarga yang turut memberi sokongan secara langsung atau tidak sepanjang tempoh pengajian ini. Semoga Allah SWT merahmati, memberkati dan memberikan ganjaran yang setimpal kepada kalian semua.

ABSTRAK

Pengenkapsulasian ekstrak rosol-nanas melalui teknik pengeringan sembur menggunakan alat pengering sembur berskala makmal telah berjaya dihasilkan. Kaliks rosol kering dan buah nanas segar diekstrak pada keadaan yang optimum, seterusnya dicampur (1:1; i/i) menghasilkan suapan. Suapan diformulasikan dengan menambah agen pengkapsul, maltodekstrin (MD) DE 10 (b/i) dengan kepekatan 3%, 6%, 9%, 12% dan 15%. Paramater suhu udara keluar dan kadar pengatoman pengering sembur masing-masing dilaraskan pada 80 °C dan 25000 rpm sebelum suapan dikering sembur pada suhu udara masuk (SUM) 120 °C, 140 °C, 160 °C, 180 °C dan 200 °C. Kemudian, serbuk yang terkumpul di dalam balang pengumpul dianalisis kesan SUM dan MD ke atas ciri-ciri fizikokimianya. Hasil kajian ini menunjukkan ciri-ciri serbuk yang terbaik adalah pada SUM 180 °C dengan 12% MD. Selain peratus penghasilan yang baik ($67.70 \pm 2.02\%$), kandungan asid askorbik serbuk adalah tinggi iaitu 110.00 ± 1.27 mg/100 g dan kandungan antosianinnya adalah 1.92 ± 0.17 g/100 g. Serbuk mempunyai kandungan kelembapan yang rendah (5.64 ± 0.23 g/100 g), aktiviti air yang rendah (0.29 ± 0.08) dan keterlarutan yang tinggi (94.65%). SUM yang tinggi menurunkan kandungan asid askorbik sehingga 34.29%. SUM semasa pemanasan turut menurunkan kandungan kelembapan (julat: 4.45% – 15.63%) dan nilai aktiviti air (julat: 0.25 – 0.48) serbuk, justeru serbuk adalah stabil secara kimia. Selain itu, SUM tidak mempengaruhi bacaan antosianin serta tidak memberi kesan yang ketara kepada keterlarutan serbuk. Formulasi SUM dan MD yang optimum menghasilkan serbuk kurang higroskopik (5.03% – 7.23%) tetapi kadar kelarutannya adalah perlahan (39 s – 52 s). Kepekatan MD yang tinggi (12% dan 15%) meningkatkan pengekalan asid askorbik sehingga 80.81%, antosianin sehingga 73.33% dan merendahkan kandungan kelembapan serta aktiviti air serbuk. MD terbukti merupakan agen pengkapsul yang baik kerana melindungi bahan utama dengan membentuk lapisan kerak luar atau matriks dengan bahan utama. Ujian kebolehterimaan menunjukkan serbuk SUM 180 °C dan 12% MD mendapat skor 70. Oleh itu, menerusi kajian ini, proses pengeringan sembur telah berjaya menghasilkan serbuk gabungan buah-buahan dengan ciri-ciri fizikokimia yang baik dan diterima pengguna. Implikasi kajian ini memberikan panduan dalam penentuan parameter optimum pra-operasi alat pengering sembur bersaiz industri bagi menghasilkan serbuk rosol-nanas berkualiti tinggi.

**EFFECTS OF TEMPERATURE AND ENCAPSULATING AGENT ON THE
PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ROSELLE-PINEAPPLE
(*HIBISCUS SABDARIFFA*-*ANANAS COMOCUS*) POWDER**

ABSTRACT

The encapsulation of roselle-pineapple powder by spray drying technique using a laboratory scale spray dryer has been successfully developed. Dried roselle calyces and fresh pineapples were extracted under optimum condition and were mixed (1:1; v/v) to produce the feed for the spray dryer. The feed is formulated by adding 3%, 6%, 9%, 12% and 15% of maltodextrin (MD) DE 10 (w/v) as the encapsulating agent prior to spray drying. Inlet temperatures were varied at 120 °C, 140 °C, 160 °C, 180 °C and 200 °C, the outlet temperature was set at 80 °C and the atomization rate was fixed at 25000 rpm. After the drying process completed, powder was collected at the collection chamber and was analyzed for its physicochemical properties in terms of effects of inlet temperatures and addition of MD. The results showed that the best powder was formed at inlet temperature of 180 °C and 12% MD. It produced desirable yield ($67.70 \pm 2.02\%$); its ascorbic acid content was high (110.00 ± 1.27 mg/100 g) and its anthocyanins were 1.92 ± 0.17 g/100 g. Powder has low moisture content (5.64 ± 0.23 g/100 g), low water activity (0.29 ± 0.08) and high solubility (94.65%). High inlet temperatures reduced up to 34.29% of ascorbic acid content. The inlet temperatures supplied during heating had effectively lowered the moisture content of the powder (range: 4.45% – 15.63%) and its water activity (range: 0.25 – 0.48) thus produced chemically stable powder. It is noted that inlet temperature did not affect the reading of anthocyanins and had no remarkable effect on the solubility of the powder. Optimum formulation of inlet temperature and MD formed less hygroscopic powder (5.03% – 7.23%) but decreased its solubility rate (39 s – 52 s). High MD concentrations (12% and 15%) increased the retention of ascorbic acid up to 80.81%, anthocyanins up to 73.33%, nevertheless reduced the moisture content and the water activity of the powder. This study confirmed that MD is a good encapsulating agent as it shielded the core material by forming continuous shell or matrix with the core material. Acceptability tests showed that powder with inlet temperature of 180 °C and 12% MD obtained a score of 70. Therefore, through this study, the spray drying process has resulted in a combination of fruit powder with great physicochemical properties and accepted by consumers. The implication of this study provides basis for the determination of optimum pre-operating parameters of industrial-sized spray dryer in order to produce high quality roselle-pineapple powder.

SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN PENYELIA	ii
PENGAKUAN PELAJAR	iii
DEDIKASI	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
SENARAI KANDUNGAN	viii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI SIMBOL	xvi
SENARAI SINGKATAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Industri Rosel dan Nanas di Malaysia	3
1.3 Objektif Kajian	4
1.4 Skop Kajian	4
1.5 Organisasi Penulisan	6
BAB 2 KAJIAN LITERATUR	8
2.1 Pengenalan	8
2.2 Rosel	8
2.3 Nanas	12
2.4 Kandungan Rosel-Nanas	16
2.4.1 Asid Askorbik	16
2.4.2 Antosianin	18

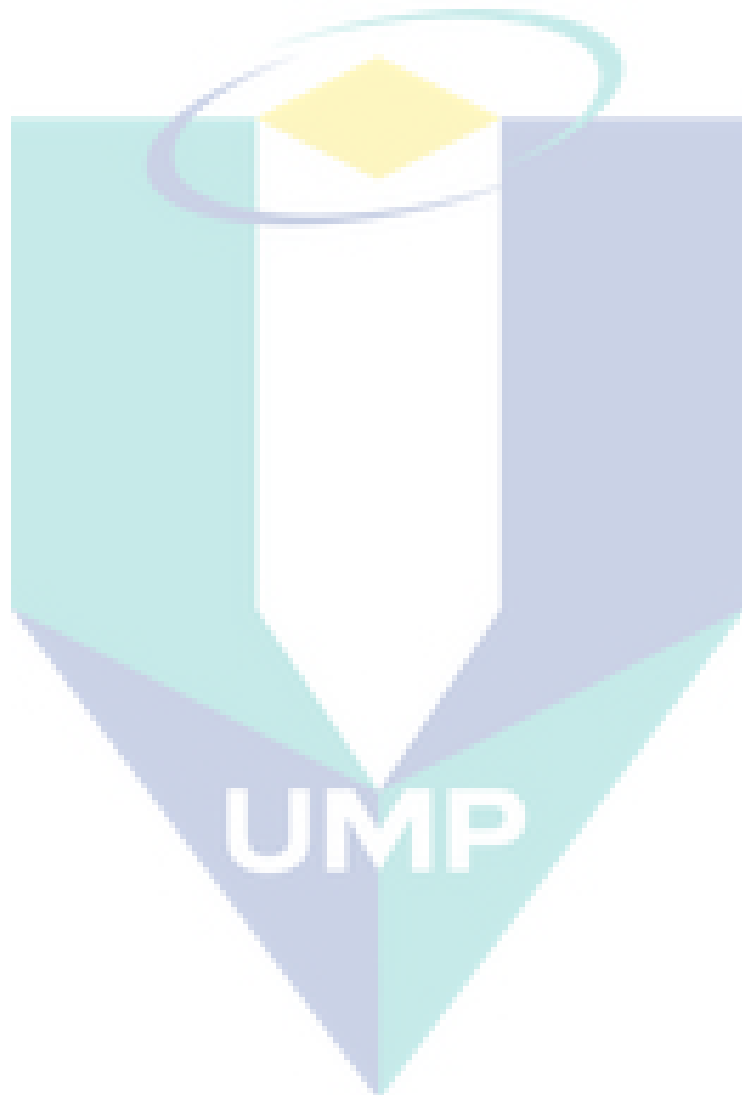
2.5	Enkapsulasi	23
2.5.1	Pengeringan Sembur	25
2.5.2	Maltodekstrin (MD)	28
2.6	Kajian-kajian Terdahulu	32
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	37
3.1	Pengenalan	37
3.2	Penyediaan Sampel dan Bahan	37
3.3	Penyimpanan Bahan Mentah	39
3.4	Pengekstrakan Kaliks Rosel Kering	39
3.5	Pengekstrakan Jus Nanas	39
3.6	Penghasilan Ekstrak Rosel-Nanas	39
3.7	Pemformulasian Suapan	41
3.8	Analisis Kandungan Suapan	42
3.9	Pengeringan Sembur	44
3.10	Analisis Peratus Hasil	46
3.11	Analisis Sifat Umum	46
3.12	Kandungan Asid Askorbik	46
3.13	Penentuan Antosianin	46
3.14	Penentuan Kandungan Kelembapan	46
3.15	Kehigroskopikan	47
3.16	Aktiviti Air	47
3.17	Kelarutan	48
3.18	Keterlarutan	48
3.19	Ujian Penerimaan	50
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	51
4.1	Pengenalan	51
4.2	Ekstrak Rosel-Nanas	51
4.3	Analisis Fizikokimia Suapan	52

4.4	Analisis Fizikokimia Serbuk	54
4.4.1	Peratus Hasil	55
4.4.2	Ciri-ciri Umum	62
4.4.3	Asid Askorbik	67
4.4.4	Antosianin	74
4.4.5	Kandungan Kelembapan	82
4.4.6	Kehigroskopikan	89
4.4.7	Aktiviti Air	94
4.4.8	Keterlarutan dan Kelarutan	101
4.5	Kebolehterimaan Serbuk	109
4.6	Kesimpulan	111
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	112
5.1	Pengenalan	112
5.2	Rumusan Keseluruhan Kajian	112
5.3	Implikasi Kajian	117
5.4	Cadangan	117
RUJUKAN		119
LAMPIRAN		
A	Spesifikasi Maltodekstrin DE 10	133
B	Borang Ujian Penerimaan	134
C	Senarai Penerbitan	135

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Tajuk	Halaman
2.1	Analisis kimia kaliks rosel	12
2.2	Analisis proksimat utama dalam buah nanas segar	16
2.3	Kandungan antosianin dalam buah-buahan dan sayur-sayuran terpilih	19
2.4	Aglikon utama dan warna	21
2.5	Kelebihan dan kekurangan pengeringan sembur	28
3.1	Peringkat kemasakan nanas berdasarkan warna mata buah	38
4.1	Ciri-ciri ekstrak kaliks rosel kering pada kepekatan berbeza	52
4.2	Ciri-ciri fizikokimia suapan	53
4.3	Pemalar dan pembolehubah pengeringan sembur	55
4.4	Pemerhatian umum serbuk bagi suapan 12% MD	63
4.5	Pemerhatian umum serbuk bagi suapan dengan MD pada SUM 180 °C	64
4.6	Perbezaan aspek warna dan kehalusan pada 3% dan 15% MD	66
4.7	Peratus penurunan kandungan asid askorbik berbanding nilai purata setiap SUM 120 °C – 200 °C	68
4.8	Perbandingan peratus penurunan asid askorbik dengan peningkatan MD	72
4.9	Keputusan terbaik asid askorbik	74
4.10	Peratus pengekalan nilai antosianin bagi SUM 120 °C – 160 °C berbanding suapan asal	76
4.11	Peratus pengekalan nilai antosianin bagi MD	81
4.12	Peratus penurunan aktiviti air suapan dan perlakuan kawalan	97

4.13	Perbezaan aktiviti air suapan dengan bacaan purata perlakuan SUM	97
4.14	Perbezaan aktiviti air suapan dengan perlakuan 3% – 15% MD	99
4.15	Nilai komparatif aktiviti air dan antosianin	100



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Tajuk	Halaman
1.1	Enkapsulasi sebagai penyelesaian permasalahan utama buah segar dan ekstraknya	2
1.2	Perkaitan antara objektif dan skop kajian	5
2.1	Gambar foto kaliks rosol kering yang terproses secara tradisional	11
2.2	Morfologi pokok nanas	15
2.3	Struktur kimia asid askorbik	17
2.4	Struktur asas antosianidin	21
2.5	Struktur molekul delfinidin-3-sambubiosida	22
2.6	Struktur molekul sianidin-3-sambubiosida	22
2.7	Ilustrasi skematik pembentukan partikel-mikro dan aplikasinya	24
2.8	Prinsip asas proses pengeringan sembur	26
2.9	Rajah skematik pengering sembur	27
2.10	Struktur molekul MD	30
3.1	Carta alir bagi penyediaan ekstrak rosol-nanas	40
3.2	Carta alir penyediaan suapan bagi pengeringan sembur	41
3.3	Pengering sembur skala makmal LabPlant SD-06	45
3.4	Perlakuan pengeringan sembur	45
3.5	Prosedur ujikaji yang dijalankan	49
4.1	Warna asal: (a) ekstrak rosol, (b) ekstrak nanas dan (c) suapan	54
4.2	Peratus hasil bagi perlakuan SUM 120 °C – 140 °C pada 12% MD	56

4.3	Mikrograf partikel serbuk buah acai pada SUM dan faktor pembesaran berbeza (a) 138 °C, 2000 x; (b) 138 °C, 7000 x; (c) 170 °C, 2000 x; (d) 170 °C, 7000 x; (e) 202 °C, 2000 x; (f) 202 °C, 7000 x	59
4.4	Peratus hasil bagi perlakuan MD (0% – 15%) pada SUM 180 °C	60
4.5	Graf nilai asid askorbik setelah pengeringan sembur pada semua perlakuan SUM 120 °C – 200 °C	68
4.6	Graf nilai asid askorbik bagi perlakuan kawalan dan 3% – 15% MD setelah pengeringan sembur	71
4.7	MD sebagai bahan pengkapsul kepada bahan utama ekstrak rosel-nanas: (a) Pembentukan kerak luar dengan MD mengelilingi bahan utama; (b) Pembentukan matriks MD-bahan utama	73
4.8	Graf nilai antosianin melawan SUM 120 °C – 200 °C setelah pengeringan sembur	75
4.9	Proses perubahan ion flavilium kepada pseudo-bes karbinol semasa pemanasan pada suhu tinggi	78
4.10	Nilai antosianin bagi perlakuan 3% – 15% MD selepas pengeringan sembur	79
4.11	Nilai antosianin bagi perlakuan kawalan berbanding perlakuan 12% MD pada SUM 120 °C – 200 °C	80
4.12	Nilai kelembapan serbuk pada SUM 120 °C – 200 °C	83
4.13	Kandungan kelembapan perlakuan kawalan bagi SUM 120 °C – 200 °C	84
4.14	Penurunan kandungan kelembapan serbuk dengan peratus MD meningkat	86
4.15	Keketaraan beza nilai kelembapan serbuk 3% dan 5% MD	86
4.16	Penembusan kelembapan persekitaran ke dalam bahan utama semasa pemanasan dan pengeringan sembur: (a) MD yang tebal menyukarkan penyerapan air dari luar; (b) Lapisan MD yang nipis memudahkan penyerapan air oleh gula bahan utama.	88

4.17	Kehigroskopikan serbuk 3% – 15% MD melawan SUM 120 °C – 200 °C	90
4.18	Korelasi bacaan kelembapan dan kehigroskopikan serbuk setelah pemanasan	91
4.19	Pengurangan higroskopisiti serbuk dengan peningkatan peratus MD	93
4.20	Bacaan aktiviti air bagi semua perlakuan SUM 120 °C – 200 °C	95
4.21	Graf aktiviti air bagi serbuk dengan 3% – 15% MD	98
4.22	Keterlarutan serbuk rosol-nanas pada semua perlakuan	102
4.23	Kadar kelarutan serbuk bagi peratus MD yang berbeza	103
4.24	Peratus keterlarutan serbuk bagi semua perlakuan MD	105
4.25	Kadar kelarutan serbuk bagi semua perlakuan MD	105
4.26	Kadar kelarutan dan kelembapan bagi 3% MD	107
4.27	Kadar kelarutan dan kelembapan bagi 12% MD	107
4.28	Kadar kelarutan dan kelembapan bagi SUM 120 °C	108
4.29	Kadar kelarutan dan kelembapan bagi SUM 160 °C	108
4.30	Skor kebolehterimaan serbuk bagi SUM 160 °C dan SUM 180 °C	109
4.31	Carta kebolehterimaan serbuk rosol-nanas	110

SENARAI SIMBOL

α	Alfa
%	Peratus
$^{\circ}\text{C}$	Darjah selsius
μ	Mikro
A_{518}	Daya serapan pada 518 nm
A_{543}	Daya serapan pada 543 nm
a^*	Darjah kemerahan
a_w	Aktiviti air
B	Berat
b^*	Darjah kekuningan
b^*/a^*	Faktor kepekatan warna
b/i	Berat per isipadu
cm	sentimeter
E	Kedayaserapan
F	Faktor pencairan
g	Gram
I	Isipadu
i/i	Isipadu per isipadu
L^*	Darjah kecerahan
m	Meter
m_a	Berat serbuk pada pengayak
mg	Miligram

ml	Mililiter
mm	Milimeter
m_o	Berat asal
N	Kepekatan normal
NaCl	Natrium klorida
n	Jujukan
nm	Nanometer
pH	Keasidan
Q_a	Kadar pengaliran pengeringan
Q_c	Kadar pengaliran udara mampat
rpm	Putaran per minit
s	Saat
SEM	Mikroskopi elektron penskanan



SENARAI SINGKATAN

Bil.	Bilangan
DAN	Dasar Agromakanan Negara
DE	Nilai dekstros
et al.	dan pengarang-pengarang lain
FAMA	Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan
Maks.	Maksimum
MARDI	Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian
MD	Maltodekstrin
Min.	Minimum
MPIB	Lembaga Perindustrian Nanas Malaysia
No.	Nombor
PCA	Asid protokatekuik
PPO	Polifenol oksidase
SUM	Suhu udara masuk
t.pt.	tiada penerbit
t.t.	tiada tarikh
t.tp.	tiada tempat



UMP

BAB 1

PENDAHULUAN

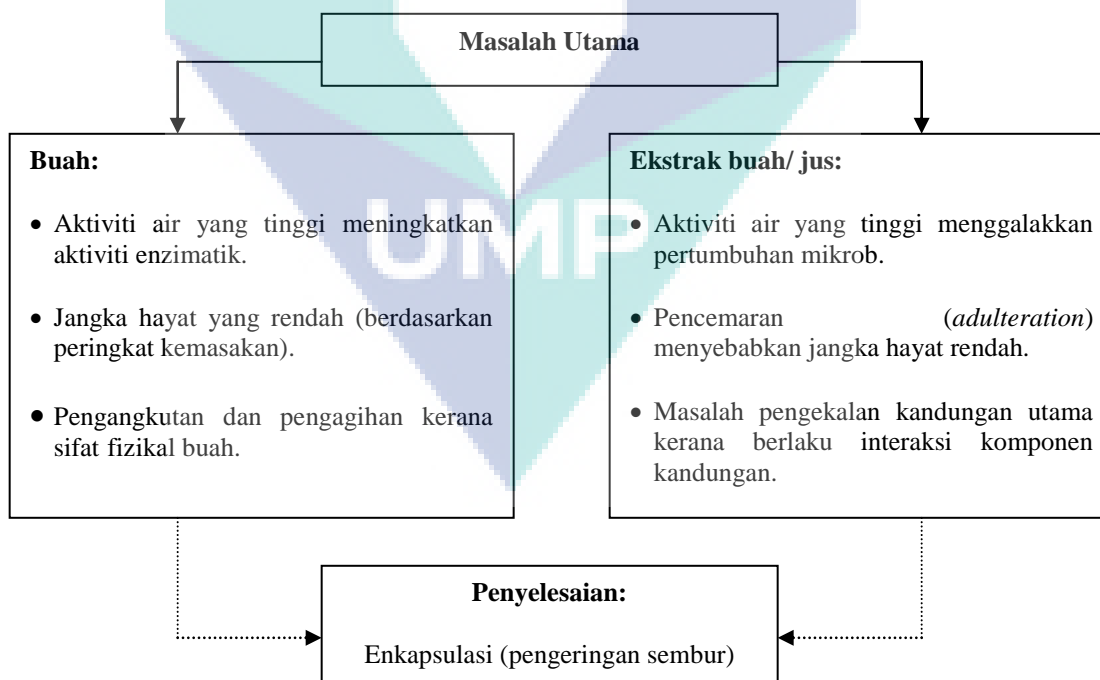
1.1 PENGENALAN

Dengan peningkatan taraf hidup dan taraf intelektual, masyarakat di negara kita semakin memberi keutamaan kepada penjagaan kesihatan yang menyebabkan berlaku peralihan dari sudut kepenggunaan makanan (Tey, 2008). Justeru, kesedaran pengguna tentang kepentingan pengambilan buah-buahan sebagai pengkayaan nutrien harian telah meningkat. Menurut Phisut (2012) senario ini memberi kesan kepada peningkatan permintaan dalam pasaran global terhadap buah-buahan segar dan seterusnya membuka peluang kepada peningkatan pengeluaran tanaman. Menurut unjuran yang dikeluarkan oleh pihak kerajaan Malaysia, permintaan buah-buahan dijangka akan meningkat daripada 2.7 tan metrik pada tahun 2010 kepada 3.4 juta tan metrik pada tahun 2020 dengan pertumbuhan sebanyak 2.3% setahun (Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia, 2011).

Menyedari hal ini, di Malaysia, Dasar Agromakanan Negara (DAN) di bawah seliaan Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia telah dilancarkan untuk melaksanakan pelan tindakan bagi memperkukuh industri buah-buahan menjelang tahun 2020. Antara matlamat utama adalah agar industri ini mencapai tahap berdaya maju, berskala besar dan berdaya saing terutamanya di peringkat pasaran global (Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia, 2011). Usaha yang direncanakan menunjukkan kesungguhan pihak kerajaan dan pihak-pihak yang berkaitan menyokong perkembangan industri buah-buahan ke tahap yang lebih menggalakkan.

Namun demikian, sebahagian besar buah-buahan tropika segar masih lagi berada di pasaran domestik negara pengeluar kerana permasalahan kuarantin oleh negara pengimport, kos pengangkutan yang melambung dan jangka hayat buah-buahan yang pendek bagi urusniaga dalam bentuk segar (Rosnah, 2008). Buah-buahan segar mempunyai kandungan kelembapan yang tinggi yang menyebabkan nilai aktiviti air juga tinggi. Ini akan menyebabkan peningkatan aktiviti berenzim dan menggalakkan pertumbuhan mikrob yang akan menurunkan kualiti buah-buahan (Phisut, 2012). Ringkasan masalah utama yang boleh di atasi oleh pengeringan sembur ditunjukkan dalam Rajah 1.1.

Sebagai langkah bagi mengatasi masalah ini sekaligus menyokong perkembangan industri buah-buahan, banyak pengusaha telah mengolah dan membangunkan produk-produk lain berasaskan buah-buahan (Camire et al., 2002). Antara produk yang dibangunkan termasuklah penghasilan jem, kordial, buah-buahan kering dan serbuk (Hirunpanich, 2006). Dalam proses penghasilan serbuk, enkapsulasi dengan pengeringan sembur merupakan satu teknik yang digunakan dengan meluas dalam industri makanan.



Rajah 1.1: Enkapsulasi sebagai penyelesaian permasalahan utama buah dan ekstraknya

Enkapsulasi dengan teknik pengeringan sembur merupakan kaedah yang baik dan sesuai digunakan bagi menghasilkan serbuk daripada ekstrak buah-buahan dan meningkatkan kestabilan serbuk (Ng et al., 2012). Serbuk buah-buahan ini mempunyai pelbagai kelebihan dan berpotensi secara ekonomikal berbanding jus buah-buahan. Ini termasuklah dari sudut pengurangan isipadu dan berat, pengurangan dari aspek pembungkusan dan mudah dikendalikan (Yousefi et al., 2011). Zahra et al. (2012) turut menggariskan kelebihan utama serbuk buah-buahan bagi mengatasi masalah pengangkutan dan logistik serta mempunyai jangka hayat produk yang lebih tahan lama. Ini kerana, teknik pengeringan sembur menyebabkan penurunan kandungan kelembapan dan nilai aktiviti air bagi mengekalkan kualiti buah-buahan terproses. Selain itu, antara tujuan enkapsulasi adalah untuk mengurangkan pendedahan ekstrak kepada persekitaran seperti cahaya, oksigen dan air yang akan menanggungkan sebarang tindakbalas kimia, mengurangkan kadar penyejatan ekstrak ke persekitaran, meningkatkan keefisyenan pengurusan ekstrak dengan mengurangkan penggumpalan serbuk dan menukarkan cecair kepada bentuk serbuk (Shahidi dan Han, 1993).

1.2 INDUSTRI ROSEL DAN NANAS DI MALAYSIA

Industri rosel telah mula diperkenalkan di Malaysia pada tahun 1993. Pada masa tersebut, kawasan utama yang giat menjalankan aktiviti penanaman rosel adalah di negeri Terengganu. Melihat kepada potensi yang baik, inisiatif penanaman secara komersial telah dilaksanakan oleh Jabatan Pertanian dengan keluasan tanaman di Terengganu meningkat daripada 12.8 hektar pada tahun 1993 kepada 506 hektar pada tahun 2000 secara kumulatif yang melibatkan lebih 1000 tenaga kerja di kawasan tanah bris (Kementerian Pertanian Malaysia, 2002).

Tanaman nanas pula bermula di Malaysia sebagai tanaman kontan dan berkembang menjadi tanaman perladangan di negeri Johor. Industri nanas bermula pada tahun 1988 dan seterusnya berkembang pesat sehingga Malaysia berada pada kedudukan ke-9 dunia di kalangan negara-negara pengeluar. Jenis nanas yang ditanam di Malaysia termasuklah jenis Mautitius, Sarawak, Gandol, hibrid N36 dan Josapine (Rosnah, 2008). Kerjasama pelbagai

pihak terutamanya MARDI, FAMA dan MPIB telah berjaya meningkatkan pengeluaran dan nilai eksport nanas.

Perkembangan industri rosel dan nanas menunjukkan kepentingan tanaman-tanaman ini di Malaysia. Oleh yang demikian, terdapat keperluan kepada kajian bagi menambahbaik mutu pengeluaran dan pembangunan produk daripadanya.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Tujuan utama kajian ini adalah untuk menghasilkan serbuk rosel-nanas melalui teknik penyemburan kering. Objektif-objektif kajian adalah seperti berikut:

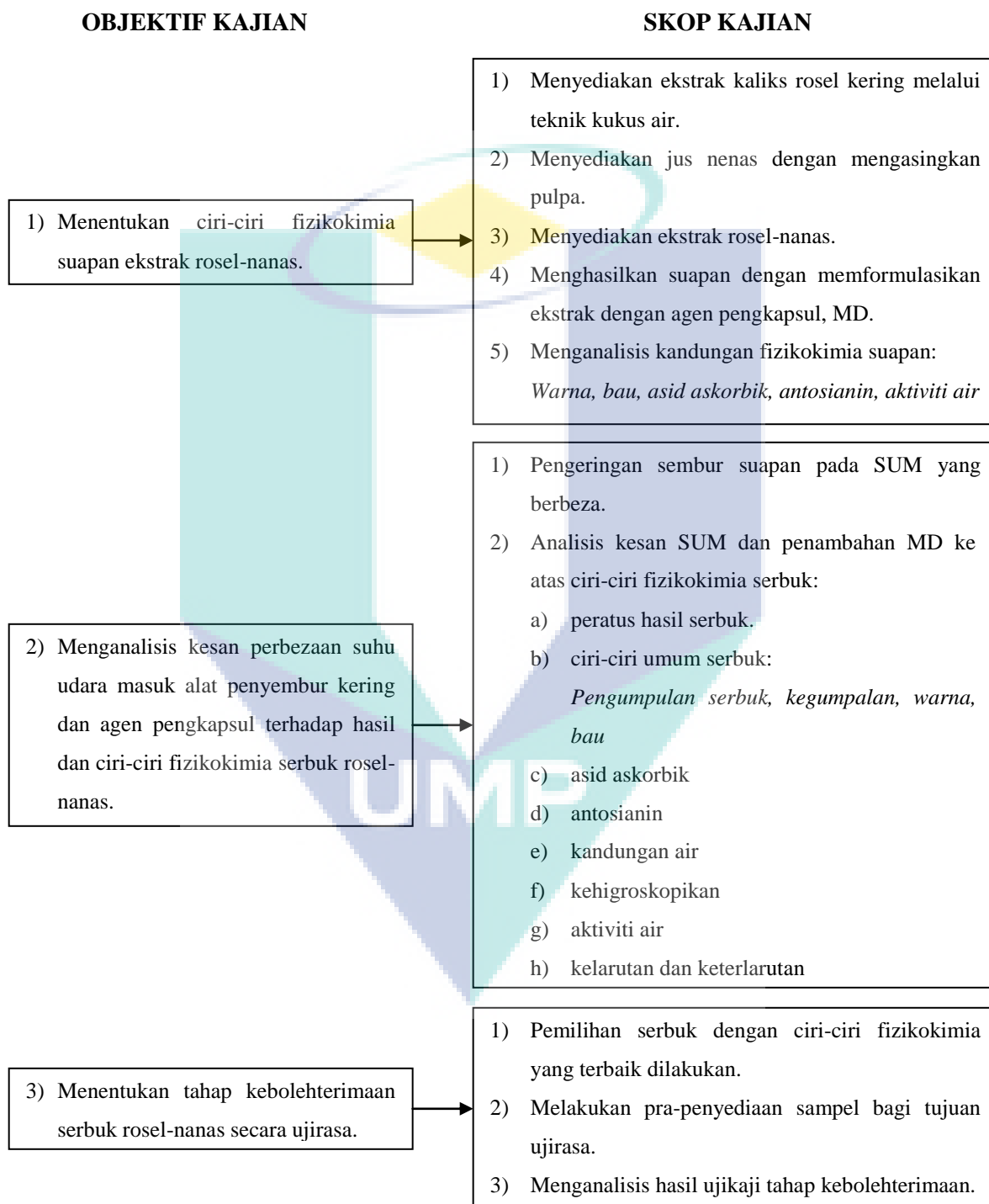
- i) Menentukan ciri-ciri fizikokimia suapan ekstrak rosel-nanas
- ii) Menganalisis kesan perbezaan suhu udara masuk alat penyembur kering dan agen pengkapsul terhadap hasil dan ciri-ciri fizikokimia serbuk rosel-nanas.
- iii) Menentukan tahap kebolehterimaan serbuk rosel-nanas secara ujirasa.

1.4 SKOP KAJIAN

Skop kajian ini adalah untuk menyediakan ekstrak rosel dengan memproses kaliks rosel kering melalui teknik kukus air dan menyediakan jus nanas melalui kaedah pengisaran. Kemudian, ekstrak rosel-nanas disediakan dengan mencampurkan ekstrak rosel dan jus nanas serta memformulasikan campuran ekstrak dengan agen penkapsul iaitu MD DE 10 (0% - 15%). Seterusnya suapan tersedia dihasilkan dan kandungan fizikokimianya di analisis dari sudut warna, bau, kandungan asid askorbik, antosianin dan aktiviti air.

Setelah itu, sebanyak 30 perlakuan yang ditambah MD dikering sembur pada SUM yang berbeza (120°C – 200°C). Serbuk dianalisis ciri-ciri fizikokimianya dari segi peratus hasil, ciri-ciri umum, kandungan asid askorbik, kandungan antosianin, kandungan air, kehidroskopikan dan aktiviti air. Selain itu, serbuk turut dinilai dari aspek kelarutan dan keterlarutannya. Setelah itu, ujian penerimaan dijalankan bagi mengkaji kebolehterimaan

pengguna terhadap serbuk dari segi rasa. Perkaitan antara objektif dan skop kajian ditunjukkan dalam Rajah 1.2.



Rajah 1.2: Perkaitan antara objektif dan skop kajian

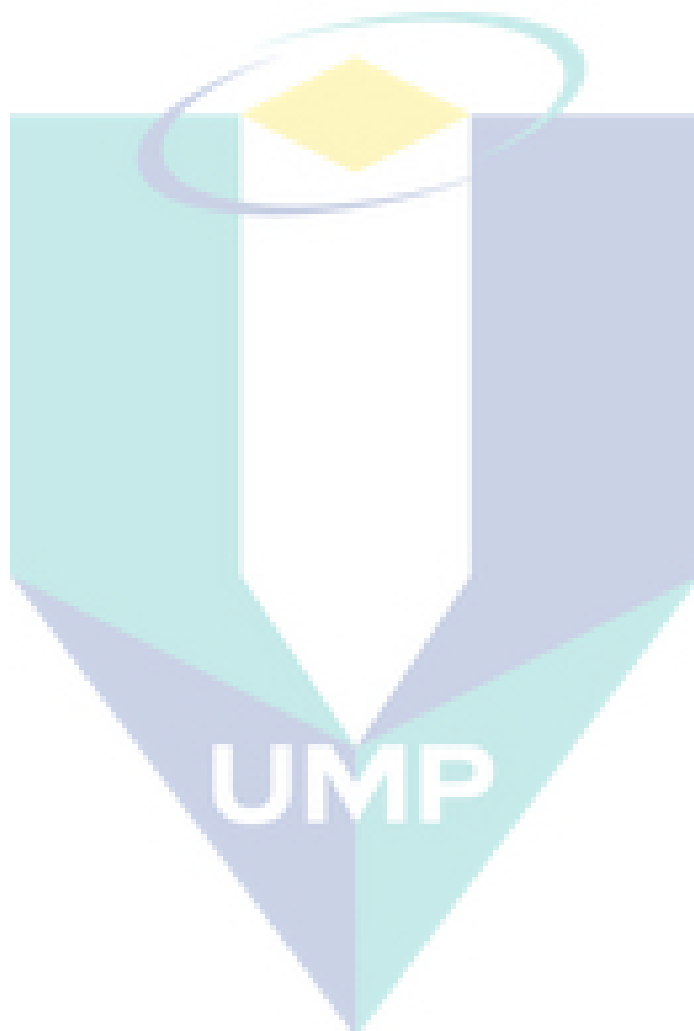
1.5 ORGANISASI PENULISAN

Penulisan kajian ini dibahagikan kepada lima bab. Bab I ialah bab pendahuluan dan seterusnya ialah Bab II yang membincangkan kajian literatur mengenai rosel, nanas, dan kandungan utama rosel-nanas. Selain itu, teknik enkapsulasi utama kajian ini iaitu pengeringan sembur turut dibincangkan dengan menggunakan MD yang merupakan bahan pembawa dalam proses pengeringan.

Bab III menerangkan kaedah-kaedah yang digunakan dalam ujikaji penghasilan ekstrak dan serbuk rosel-nanas. Ia merangkumi dua aspek utama kajian iaitu pra-pengeringan dan pos-pengeringan. Bagi pra-pengeringan, prosedur ujikaji yang dibincangkan melibatkan penyediaan sampel dan bahan, penyimpanan bahan mentah, pengekstrakan kaliks rosel kering, pengekstrakan jus nanas, penghasilan ekstrak rosel-nanas dan pemformulasian suapan serta prosedur analisis kandungan suapan. Bagi pos-pengeringan, prosedur enkapsulasi dilakukan melalui teknik pengeringan sembur bagi menghasilkan serbuk rosel-nanas. Prosedur-prosedur berkaitan peratus hasil serbuk dan sifat umum serbuk dihuraikan. Selain daripada itu, turut dibincangkan kaedah analisis kandungan asid askorbik, antosianin, kandungan air, kehidrogroskopikan, aktiviti air, kelarutan dan keterlarutan serbuk.

Bab IV pula membincangkan dapatan kajian yang melibatkan tiga objektif utama kajian. Pertama, perbincangan adalah berkenaan penghasilan ekstrak rosel-nanas, pemformulasian suapan dan analisis kandungan suapan. Kedua, perbincangan adalah berkenaan pengeringan sembur suapan bagi menghasilkan serbuk. Serbuk tersebut kemudiannya dianalisis kandungan fizikokimia dengan perbincangan terarah kepada meneliti kesan SUM dan MD. Selain daripada itu, ujian penerimaan dilakukan bagi mengenalpasti tahap kebolehterimaan pengguna terhadap serbuk yang dihasilkan.

Bab V ialah bab penutup yang membincangkan rumusan keseluruhan kajian yang dijalankan berdasarkan objektif yang ditetapkan. Di samping itu, terdapat beberapa cadangan kajian lanjutan dikemukakan.



BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 PENGENALAN

Maklumat berkaitan rosel, nanas dan kandungan rosel-nanas adalah penting dalam memastikan kajian ini dijalankan dengan lebih berkesan. Justeru itu, perbincangan bab ini merangkumi huraian perihal botani, kegunaan dan komposisi kimia serta struktur nutrien yang terdapat di dalam rosel dan nanas. Selain daripada itu, teknik pengeringan sembur yang merupakan teknik utama yang digunakan bagi penghasilan serbuk rosel-nanas turut dikupas dengan lebih lanjut. Perihal MD yang merupakan agen pengkapsul dalam proses pengeringan juga dibincangkan bagi melihat peranan MD dalam menghasilkan serbuk yang berkualiti.

2.2 ROSEL

Rosel atau *Hibiscus sabdariffa L.* ialah tumbuhan topika berbunga yang tumbuh meliar di Malaysia, Thailand dan Filipina (Chewonarin et al., 1999; Rao, 1996). Ia merupakan tumbuhan ubatan yang mudah dijumpai di Asia (Yin dan Chao, 2008). Rosel merupakan ahli famili Malvacea (Selim et al., 2008) turut dikenali dengan nama lain termasuklah asam paya atau asam susur di Malaysia (Herman, 2007), 'karkadah' di Mesir (Selim et al., 2008) dan 'krachiap daeng' di Thailand (Sirichote et al., 2008). Shishkin (1974) melaporkan bahawa pokok rosel sesuai ditanam di kawasan khatulistiwa dan tropika yang mempunyai suhu panas. Rosel mempunyai kelopak bunga atau kaliks yang berwarna merah pekat (Schippers, 2000) yang banyak kegunaannya.

Rosel adalah tanaman semusim yang bersaiz kecil, pokoknya tegak dan bercabang dan boleh tumbuh sehingga mencapai ketinggian antara 2.5 sehingga 5 meter. Batangnya berkayu dan berwarna merah gelap dan sedikit keputihan. Daunnya mempunyai warna hijau muda hingga hijau tua. Semasa peringkat awal, daun berbentuk bujur dan bertukar kepada bentuk tiga jari, lima jari dan tujuh jari apabila menjadi matang dengan setiap jari berukuran 5, 7 dan 15 cm panjang (Herman, 2007).

Pokok rosel mula berbunga pada umur 40-55 hari selepas ditanam. Sekuntum bunga keluar pada setiap ketiak daun. Bunga mempunyai kelopak yang berwarna putih, kekuningan, merah jambu dan ungu. Setiap satu bunga mempunyai 5 hingga 7 sepal dan 5-7 epikaliks. Sepal dan epikaliks bercantum dibahagian bawah bunga dan seterusnya membesar menjadi kaliks pada buah. Buah rosel terdiri daripada kaliks dan kapsul yang mengandungi biji benih. Kaliks yang merupakan struktur yang kelihatan seperti cawan pada bunga rosel (Rajah 2.1) dan biasanya mengandungi antosianin yang memberi warna merah sehingga merah gelap kepada kaliks. Kaliks rosel biasanya mempunyai ukuran diameter 2.5 cm dan berukuran 4-7 cm panjang. Buah menjadi matang dan boleh dituai pada umur 75-95 hari. Apabila buahnya menjadi matang dan kering, kapsulnya pecah dan menonjolkan biji benih berwarna coklat kehitaman (Herman, 2007).

Struktur yang dikenali sebagai kaliks ini merupakan bahagian yang paling banyak digunakan untuk pelbagai tujuan. Kegunaan utama rosel adalah untuk penyediaan minuman berjus. Purseglove (1968) melaporkan rosel yang direbus bersama gula akan menghasilkan ekstrak merah berperisa. Rebusan ini sesuai untuk dijadikan minuman panas dan sejuk (Paul, 1995).

Kaliks juga digunakan untuk menghasilkan jeli, jem (Jordan et al., 2002) dan jeruk (Hirunpanish et al., 2006). Kaliks bertanggungjawab memberi rasa masam dan digunakan bagi menghasilkan minuman dan pewarna makanan (Hirunpanich et al., 2006). Wong et al. (2002) melaporkan kaliks rosel adalah kaya dengan vitamin C, antioksidan dan mineral. Didapati juga kaliks rosel mengandungi bahan pewarna hibisin dan glosipetin yang boleh digunakan sebagai pewarna sirap ubatan, minuman beralkohol dan minuman lain (Shishkin, 1974). Kaliks rosel mengandungi antioksidan

merupakan pewarna yang baik dan mempunyai potensi untuk menjadi sumber utama bagi membekalkan antioksidan (Jordan et al., 2002).

Kegunaan lain rosol adalah dalam bidang kecantikan. Kaliks menghasilkan warna untuk membuat syampu herba dan menghitamkan rambut. Ia juga digunakan untuk pewarna kosmetik dalam alat solek wanita (Chin, 1986). Sejak tahun 1970, rosol telah diberi tumpuan sebagai sumber utama sebagai pewarna asli makanan, farmaseutikal dan kosmetik (Mazza dan Maniati, 1993).

Selain industri makanan dan kecantikan, kaliks rosol juga umumnya digunakan sebagai bahan utama dalam industri perubatan. Ia telah dilaporkan menjadi sumber kepada bahan antiseptik, mengurangkan batuk dan selsema serta penawar kepada demam dan penyakit skurvi (Herman, 2007). Kaliks rosol juga menghasilkan pelbagai jenis penawar untuk merawat penyakit saraf, komplikasi hati, batuk dan juga hipertensi (Wang C.J. dan Wang J.M., 2000). Di Thailand, rosol digunakan secara tradisional bagi merawat penyakit batu karang serta digunakan sebagai antibakteria, antikulat, hipokolestrolomik, pelawas kencing, pencuci perut (usus) dan sebatian anti hipertensi (Farnworth dan Bunyaphatsara, 1992). Selain itu, kaliks rosol juga dapat membantu melancarkan peredaran darah dengan mengurangkan kekentalan darah yang boleh mengakibatkan darah menjadi beku (Morton, 1987).

Selain kaliks, bahagian batang pokok rosol, yang mana merupakan struktur bergentian yang sukar mereput sesuai digunakan untuk membuat tali dan guni. Bagi bahagian batang dan daun yang muda serta lembut pula boleh dimakan sebagai ulam dan sebagai menu sayuran (Clydesdale et al., 1979). Di sebahagian negara di benua Afrika, minyak biji rosol di ekstrak dan digunakan bagi pelbagai tujuan. Biji rosol ini dilaporkan mempunyai kandungan protein, serat, karbohidrat dan lemak yang tinggi (Abu-Tarboush et al., 1997; Rao, 1996; El-Adawy dan Khalil, 1994).



Rajah 2.1: Gambar foto kaliks rosel kering yang terproses secara tradisional

Kandungan kelembapan kaliks segar adalah di antara 84-89 %. Jadual 2.1 menunjukkan analisis kimia bagi kaliks rosel yang tipikal.

Jadual 2.1: Analisis kimia kaliks rosel

Parameter	Nilai
Abu (%)	8.4 ± 0.4
Serabut kasar (%)	11.7 ± 0.3
Jumlah gula (%)	10.2 ± 1.2
Gula penurunan (%)	8.6 ± 0.9
Pektin (sebagai kalsium pekat) %	7.1 ± 0.4
Protein (N × 6.25) %	0.1
Asid askorbik (mg/100g)	260-280
Keasidan (sebagai asid nitrik) %	18.4-19.2
Antosianin (g/100g)	1.48
pH (larutan 4%)	2.7

Sumber : Mat Isa et al. (1985)

Dalam kajian yang dilakukan oleh Wong (2002), kandungan antosianin rosel adalah tinggi iaitu 2.52 g/100 g kaliks manakala kandungan asid askorbiknya adalah 141.09 mg/100g kaliks. Rosel terbukti mempunyai kandungan pektin yang tinggi (melebihi 7.0 %) yang sesuai untuk dibuat jeli atau jem (Purseglove, 1968).

2.3 NANAS

Nanas atau *Ananas comocus* L. dari famili Bromliaceae adalah sejenis tanaman tropika (Bartholomew et al., 2002) yang berasal dari benua Amerika Selatan. Nanas adalah keluarga terbesar bagi buah tropika Amerika dan Afrika (Samson, 1986). Pada abad ke-16 pedagang Sepanyol telah menjelajah ke seluruh pelusuk dunia dan akhirnya nanas telah berjaya dibawa ke kepulauan Hawaii pada abad ke-18 dan telah menjadi tanaman utama kepulauan tersebut. Sejak dari itu, bermulalah perkembangan penanaman nanas sehingga membuka lembaran baru bagi industri pengetinan nanas dunia. Nanas digelar raja segala buah dan banyak ditanam di Hawaii, Filipina, kepulauan Carribean, Malaysia, Taiwan, Thailand, Australia, Mexico, Kenya dan Afrika Selatan (Bartolome et al., 1996).

Di Malaysia, tanaman nanas bermula sebagai tanaman kontan dan berkembang menjadi tanaman secara perladangan terutamanya di kawasan tanah gambut di Johor. Nanas bukan tanaman bermusim dan boleh didapati sepanjang tahun. Negara penanam terbesar bagi buah nanas adalah Thailand, Brazil dan Filipina. Antara negara pengeksport utama nanas segar dunia adalah Costa Rica, Ivory Coast dan Filipina (Rosnah, 2008).

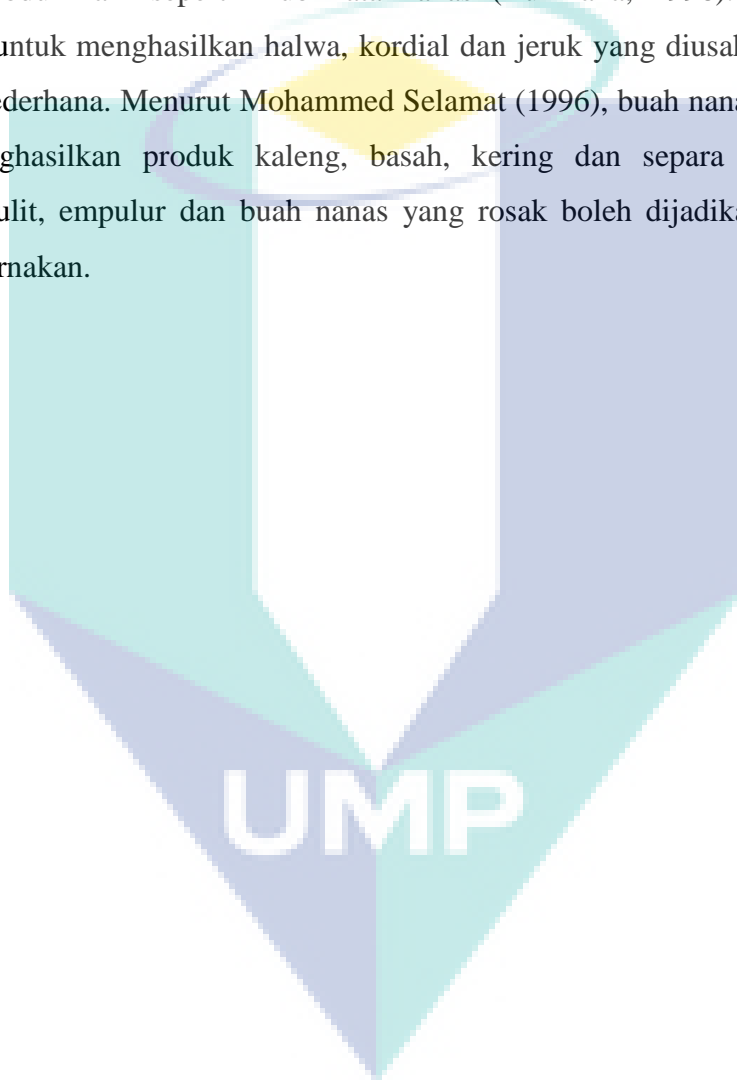
Pokok nanas pada peringkat berbuah terdiri daripada akar, batang, daun, tangkai buah, buah, jambul, dan sulur (Rajah 2.2). Akar pokok berada di dalam tanah, manakala tunas-tunas akar biasanya terdapat pada ketiak-ketiak daun. Aktiviti penyerapan air dan nutrien pokok selalunya berlaku dikawasan akar rerambut yang terletak diujung setiap akar. Batang ialah bahagian pokok yang berfungsi bagi menyokong kestabilan keseluruhan pokok. Daun pokok nanas tumbuh dalam bentuk pilin ke tepi kanan dan kiri. Tangkai buah pada sesetengah kultivar mempunyai sulur tangkai atau slip. Buah nanas adalah buah majmuk yang merupakan cantuman banyak mata. Jambul yang terdapat di atas buah nanas merupakan pemanjangan meristem apeks terdiri daripada batang pendek yang mempunyai meristem dan daun. Jambul boleh membentuk satu pokok yang sempurna jikalau ditanam.

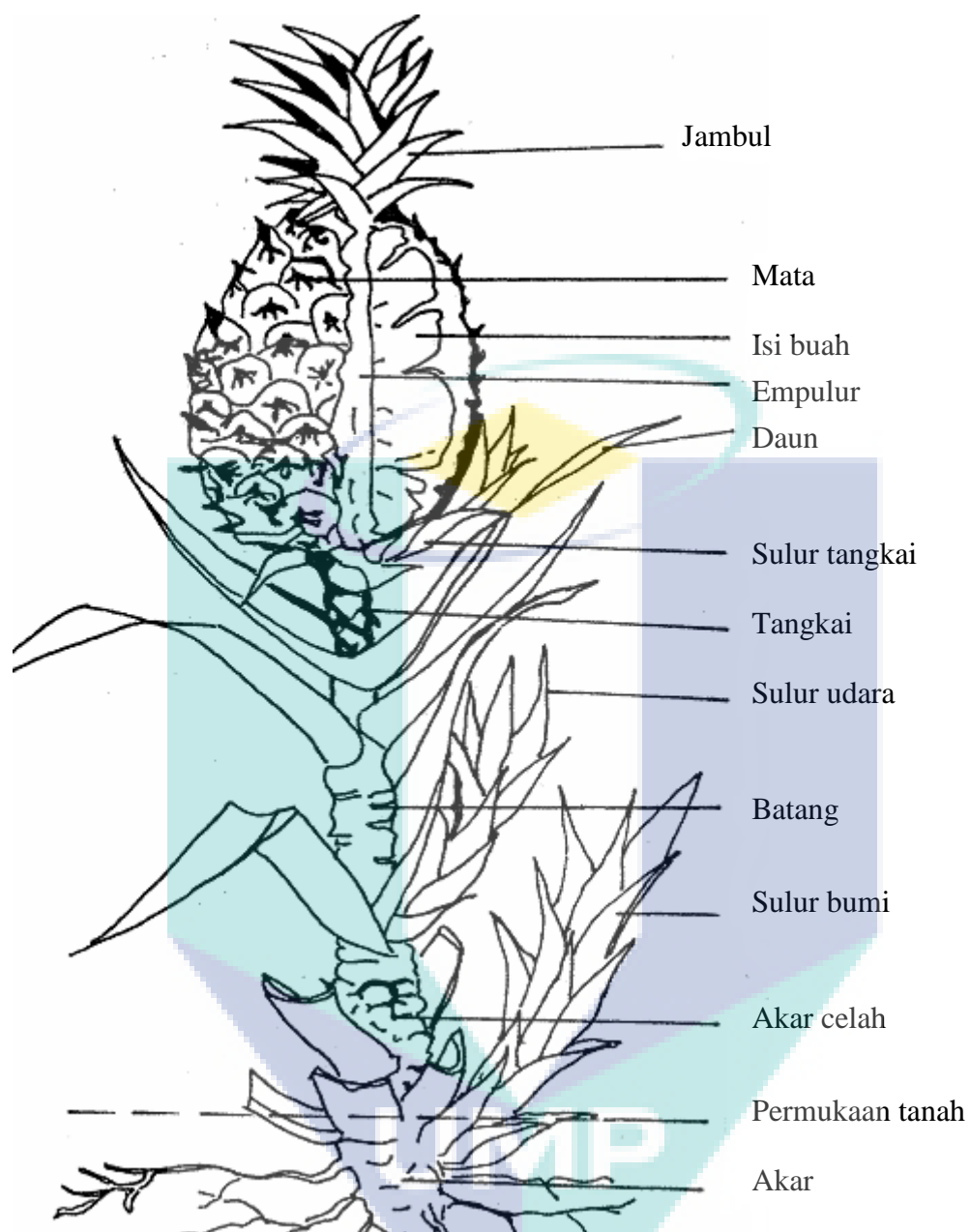
Bahagian utama yang bernilai tinggi dari sudut ekonomi dan terpenting dari tanaman nanas adalah buahnya. Buah nanas boleh dimakan segar apabila dipetik pada tahap cukup masak. Ia mempunyai campuran rasa manis dan masam yang menyegarkan. Ini menjadikan buah nanas ini disukai oleh segenap lapisan masyarakat. Di samping itu buah nanas mengandungi gizi yang cukup tinggi dan lengkap (Rukmana, 1996).

Ketnawa et al. (2010) melaporkan buah nanas mengandungi enzim bromelain iaitu sejenis enzim protease yang dapat menghidrolisis protein. Protease dan peptida digunakan untuk melembutkan daging. Bromelain juga digunakan secara komersial dalam industri makanan dan kosmetik selain turut diambil sebagai makanan tambahan (Walsh, 2002). Terdapat banyak aplikasi lain enzim bromelain ini termasuk dalam industri tekstil, pembuangan bulu, melembutkan kulit haiwan dan sebagai bahan dalam formulasi detergen (Uhlig, 1998; Subhabrata dan Mayura, 2006). Secara tradisional,

bromelain digunakan untuk mengeringkan luka, sebagai bahan anti-radang, mengatasi cirit-birit dan membantu penghadaman (Bitange et al., 2008; Koh et al., 2006).

Pada masa ini, pembangunan produk komersial nanas lebih tertumpu kepada pengeluaran nanas kaleng. Namun, permintaan buah nanas segar di pasaran juga meningkat dan ia digunakan sebagai bahan utama penghasilan sirap, kerepek dan pelbagai produk lain seperti kiub nata nanas (Rukmana, 1996). Buah nanas juga digunakan untuk menghasilkan halwa, kordial dan jeruk yang diusahakan oleh industri kecil dan sederhana. Menurut Mohammed Selamat (1996), buah nanas boleh digunakan untuk menghasilkan produk kaleng, basah, kering dan separa kering. Manakala bahagian kulit, empulur dan buah nanas yang rosak boleh dijadikan cuka, wain dan makanan ternakan.





Rajah 2.2: Morfologi pokok nanas

Sumber : Mohamed Selamat (1996)

Jadual 2.2 menunjukkan analisis proksimat utama dalam nanas segar dalam kajian yang dilakukan oleh Salunkhe dan Desai (1984).

Jadual 2.2: Analisis proksimat utama dalam buah nanas segar

Kandungan	Nilai
Kandungan air (%)	80 – 85
Gula (%)	12 – 15
Asid (%)	0.6 (87% sebagai asid sitrik dan selebihnya sebagai asid malik)
Protein (%)	0.4
Abu (%)	0.5
Lemak (%)	0.1
Lain-lain	Fiber dan beberapa vitamin (A dan C)

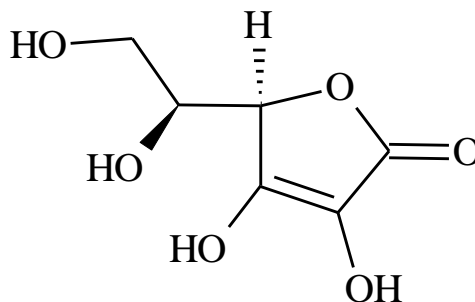
Sumber: Salunkhe dan Desai (1984)

2.4 KANDUNGAN ROSEL-NANAS

Rosel-nanas mempunyai nilai adalah asid askorbik dan antosianin yang tinggi. Asid askorbik merupakan kandungan utama buah nanas manakala rosul pula kaya dengan kandungan antosianin.

2.4.1 Asid Askorbik

Asid askorbik ataupun vitamin C merupakan sebatian semulajadi yang banyak terdapat dalam buah-buahan dan juga sayur-sayuran seperti buah jambu batu, oren, epal dan kiwi (Shah dan Wilson, 2007). Asid askorbik merupakan sebatian yang sangat larut dalam air dan mempunyai sifat asid serta ciri penurun yang kuat. Ciri-ciri ini adalah disebabkan peranan struktur enediol yang berkonjugat dengan kumpulan karbonil dalam gelang lakton.



Rajah 2.3: Struktur kimia asid askorbik

Sumber: Xiang et al. (2006)

Vitamin C ini sangat penting dalam diet pemakanan manusia kerana ia membantu badan manusia mensintesis kolagen (Shah dan Wilson, 2007). Selain itu, vitamin C juga berperanan untuk mencegah pelbagai penyakit dan membina ketahanan imunisasi badan (Reavley, 1998). Selain untuk kesihatan, asid askorbik juga mempunyai kegunaan yang penting sebagai penstabil perisa jus buah-buahan dan minuman ringan (Gresswell, 1974).

Asid askorbik bertindak sebagai agen anti-pemerangan dalam jus yang tidak diproses, namun demikian sekiranya jus tersebut dipastur atau diberi rawatan haba, asid askorbik akan bertindak mencetus tindakbalas pemerangan di dalam strukturnya (Barry, 2005). Oleh itu, boleh difahami asid askorbik adalah sejenis nutrien yang mudah musnah dan tidak stabil terhadap faktor haba. Asid askorbik yang terlibat dalam tindak balas pemerangan akan menyebabkan asid askorbik itu mengalami kemusnahan. Asid askorbik dan hasil degredasi produknya bertindak balas dengan asid amino dalam tindak balas Maillard yang menyebabkan berlakunya pemerangan (Ibolya dan Friedman, 1990). Tindak balas pemerangan boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu pemerangan secara berenzim dan pemerangan tidak berenzim. Kesan pemerangan dalam kebanyakan produk makanan adalah tidak dikehendaki disebabkan tindak balas pemerangan ini berupaya merubah warna, rupa bentuk, nilai pemakanan dan perisa bagi produk-produk terbabit (Eskin et al., 1998).

Menurut Watada dan Qi (1999), pemerangan berenzim merupakan tindak balas sampingan yang menyumbang kepada penurunan nilai dan kualiti bagi sesuatu produk holtikultur. Polifenol oksidase (PPO) merupakan sejenis enzim logam yang mengandungi tembaga sebagai komponen prostetik dan merupakan enzim utama yang menyebabkan berlakunya tindak balas pemerangan berenzim ini (Martinez dan Whitaker, 1995). Enzim ini biasanya terdapat dalam mana-mana tumbuhan tetapi terdapat dalam amaun yang sangat tinggi dalam buah epal, pir, laici, mangga, ubi kentang dan cendawan.

Tindak balas pemerangan berenzim boleh dijelaskan berdasarkan dua tindak balas utama iaitu pertamanya adalah pengoksidaan sebatian fenolik oleh enzim PPO kepada o-kuinon reaktif dan yang keduanya adalah pempolimeran o-kuinon kepada pigmen yang berwarna perang (Jacques et al., 1994). Kedua-dua tindak balas ini berlaku dengan kadar yang amat pantas selepas berlaku perubahan pada struktur tisu tumbuhan tersebut. Kesan negatif yang paling ketara bagi tindak balas pemerangan berenzim ini adalah terhadap kualiti produk makanan dari segi perubahan warna produk terbabit. Selain itu, ia turut memberikan kesan negatif terhadap bau, rasa dan tekstur produk.

2.4.2 Antosianin

Antosianin biasanya ditemui secara semulajadi yang memberikan warna merah, biru gelap dan ungu kepada sayur-sayuran ataupun buah-buahan seperti buah beri, anggur, bawang merah, kubis merah dan lobak (Jadual 2.3). Antosianin merupakan pigmen yang bervokul dan larut air (Francisco dan Octavio, 2002) dan biasanya didapati wujud pada tumbuhan peringkat tinggi dan tidak wujud pada tumbuhan peringkat rendah seperti alga.

Jadual 2.3: Kandungan antosianin dalam buah-buahan dan sayur- sayuran terpilih

Sumber	Nama saintifik	Antosianin	Rujukan
Buah-buahan			
Anggur	<i>Vitis vinifera</i>	27 - 120	Wu et al. (2006)
Beri biru	<i>Vaccinium corymbosum</i>	63 - 430	Prior et al. (1998); Moyer et al. (2002)
Beri hitam	<i>Rubus spp.</i>	72 - 1221	Clark et al. (2002)
Epal	<i>Malus pumila P. Mill.</i>	1 - 17	Wu et al. (2006)
Kranberi	<i>Vaccinium macrocarpon</i>	20 - 360	Prior et al. (2001); Wang dan Stretch (2001)
Rasberi hitam	<i>Rubus occidentalis</i>	145 - 607	Moyer et al. (2002)
Strawberi	<i>Fragaria ananassa</i>	13 - 55	Cordenunsi et al. (2002)
Sayur-sayuran			
Bawang merah	<i>Allium cepa</i>	49	Wu et al. (2006)
Kacang hitam	<i>Phaseolus vulgaris</i>	45	Wu et al. (2006)
Kubis merah	<i>Brassica oleracea</i>	322	Wu et al. (2006)
Lobak ungu	<i>Daucus carota</i>	38 - 98	Lazcano et al. (2001)
Terung bulat	<i>Solanum melongena</i>	86	Wu et al. (2006)

Pada masa ini, peranan antosianin sebagai pewarna menjadi semakin penting. Ia bukan sahaja dipengaruhi faktor-faktor nilai estetika dan penilaian kualiti, malah lebih daripada itu penggunaan antosianin sebagai pewarna turut berpotensi menyumbang kepada kesan kesihatan yang lebih baik. Antosianin berpotensi untuk mengurangkan risiko penyakit jantung, kanser dan strok kerana merupakan sumber antioksidan semulajadi yang baik (Sirichote, 2008).

Namun demikian, antosianin tidak stabil semasa pemrosesan dan juga semasa penyimpanan. Antara faktor yang mengganggu kestabilan antosianin adalah suhu yang tinggi. Semasa proses pemanasan, degradasi dan pempolimeran boleh berlaku. Degradasi ini biasanya ia turut menyumbang kepada fenomena penyahwarnaan bagi sebatian antosianin tersebut (Markakis, 1982).

Menurut Francis dan Markakis (1989), disebabkan antosianin merupakan hasil semulajadi, maka antosianin mempunyai potensi untuk dijadikan sumber pewarna bagi produk-produk dalam industri makanan dan juga dalam industri kosmetik. Walaubagaimanapun, penggunaan antosianin sebagai pewarna adalah terhad disebabkan ketidakstabilan antosianin yang menyebabkan berlakunya perubahan warna dibawah

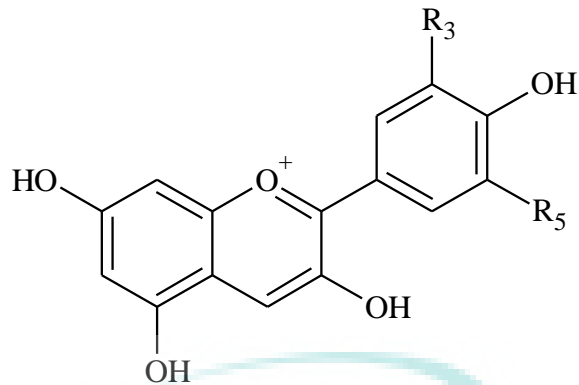
keadaan-keadaan tertentu semasa pemprosesan serta penyimpanan makanan dan produk kosmetik.

Antosianin dikategorikan sebagai kumpulan flavonoid dan boleh digolongkan sebagai kumpulan sebatian semulajadi. Daripada 4000 komponen flavanoid, 260 daripadanya adalah antosianin. Ia boleh dicirikan daripada struktur unit karbon $C_6C_3C_6$ (Rajah 2.4) (Francisco dan Octavio, 2002).

Harborne (1998) menjelaskan bahawa antosianin merupakan terbitan daripada struktur flavium kation asas yang mempunyai satu nukleus yang kekurangan elektron. Molekul antosianin ini boleh dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu aglikon yang berasaskan struktur nukleus flavilium, sekumpulan gula dan juga sekumpulan asid terasil. Terdapat 17 aglikon tetapi hanya enam yang umum dan dikenalpasti penting sebagai pewarna makanan (Jadwiga, 2002). Enam aglikon tersebut adalah sianidin, peonidin, pelargonidin, malvidin, delphinidin dan petunidin (Monchanok, 2009) seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.4.

Secara umumnya, struktur tersebut sangat reaktif (Sirichote, 2008). Antara kajian terawal dilakukan oleh Pauling (1939) memberikan penerangan bagaimana kesan resonans bagi struktur flavium menjejaskan keadaan pigmen antosianin seterusnya memberikan kesan terhadap penghasilan warna.

Terdapat lebih 540 jenis pigmen antosianin yang terdapat secara semulajadi (Anderson dan Francis, 2004), dengan hampir keseluruhan daripada jumlah tersebut, strukturnya adalah berasal dari kumpulan gentian glikosidik pada kedudukan 3 dan 5 dengan kebarangkalian penghasilan baki gula dengan asid organik. Antosianin boleh dikenalpasti secara kaedah sistematik manakala komponen antosianidin, gula dan asid terasil boleh disingkirkan melalui hidrolisis asid dan kemudiannya boleh ditentukan dengan menggunakan prosedur kromatografi. Pensaponifikasian antosianin terasil akan menghasilkan antosianin glikosida dan asid terasil untuk kajian selanjutnya. Kaedah ini diterangkan dalam beberapa penerbitan (Durst dan Wrolstad, 2001).



Rajah 2.4: Struktur asas antosianidin

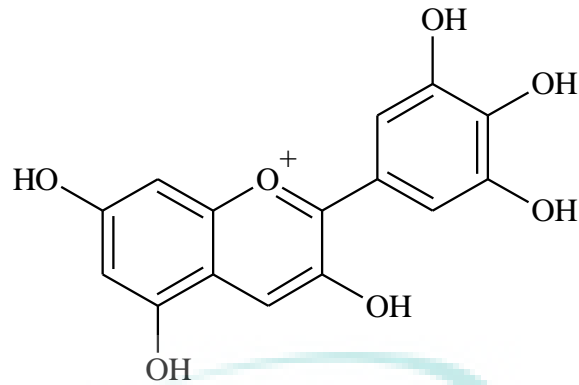
Sumber: Jadwiga (2002) dan Stintzing dan Carle (2004)

Jadual 2.4: Aglikon utama dan warna

Aglikon	Gantian		Warna
	R ₃	R ₅	
Sianidin	OH	H	Magenta
Peonidin	OCH ₃	H	Magenta
Pelargonidin	H	H	Merah
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	Ungu
Delfinidin	OH	OH	Ungu
Petunidin	OCH ₃	OH	Ungu

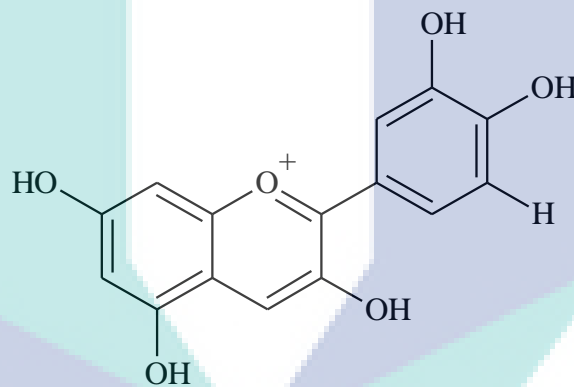
Sumber: Jadwiga (2002)

Ekstrak akwas merah pekat dari kaliks rosel dikenalpasti mengandungi dua jenis pigmen antosianin yang utama iaitu delfinidin-3-sambubiosida atau hibisin dan sianidin-3-sambubiosida. Pigmen antosianin yang dikenali sebagai delfinidin-3-sambubiosida adalah pigmen major yang memberikan warna ungu kepada kaliks bunga rosel. Secara amnya, nisbah kandungan delfinidin-3-sambubiosida kepada kandungan sianidin-3-sambubiosida dalam rosel adalah 70.9%:29.1% (Pouget et al., 1990). Bagi pigmen antosianin sianidin-3-sambubiosida, ianya turut mengandungi pigmen berwarna yang memberikan warna kepada kaliks bunga rosel ini. Rajah 2.5 menunjukkan struktur molekul delfinidin-3-sambubiosida manakala Rajah 2.6 menunjukkan struktur molekul sianidin-3-sambubiosida.



Rajah 2.5: Struktur molekul delphinidin-3-sambubiosida

Sumber: Mazza dan Miniati (1993)



Rajah 2.6: Struktur molekul sianidin-3-sambubiosida

Sumber: Mazza dan Miniati (1993)

Pigmen antosianin adalah sebatian yang sentiasa mengalami beberapa siri tindak balas degradasi. Kestabilan antosianin ini banyak bergantung kepada struktur dan komposisi matriks dimana ianya wujud (Wrolstad, 2000). Peningkatan kumpulan pengganti glikosidik dan dalam sesetengah keadaan tertentu, penghasilan residu gula dengan asid sinamik akan meningkatkan kestabilan pigmen antosianin tersebut. PPO, peroksida dan enzim glikosida boleh mengakibatkan kemusnahan ke atas pigmen antosianin. Sumber lain yang menyumbang kepada punca ketidakstabilan pigmen antosianin adalah kesan daripada aktiviti sampingan enzim komersial yang digunakan

sebagai bahan tambah dalam pemrosesan (Wrolstad et al., 1994). Enzim glikosida bertindak secara langsung ke atas antosianin tetapi tindakan bagi polifenol oksida dan peroksida adalah secara tidak langsung.

Kehadiran antosianin dan asid askorbik dalam jus buah-buahan dilaporkan akan menyebabkan berlakunya interaksi antara kedua-dua sebatian tersebut dan mempercepatkan kadar pemusnahan antosianin (Skrede et al., 1992). Terdapat dua cadangan tindakbalas yang berlaku. Pertama, ion kuprum dikenalpasti mempercepatkan kadar degradasi kedua-dua sebatian asid askorbik dan juga antosianin apabila kedua-duanya hadir serentak (Shrikhande dan Francis, 1974). Ini berlaku disebabkan kumpulan peroksida terbentuk apabila asid askorbik dioksidakan dengan kehadiran oksigen dan ion kuprum. Peroksida ini seterusnya akan menyahwarnakan warna pigmen antosianin. Kedua, asid askorbik bertindakbalas secara terus dengan antosianin menyebabkan berlakunya kondensasi dan melunturkan warna antosianin (Shrikhande dan Francis, 1974).

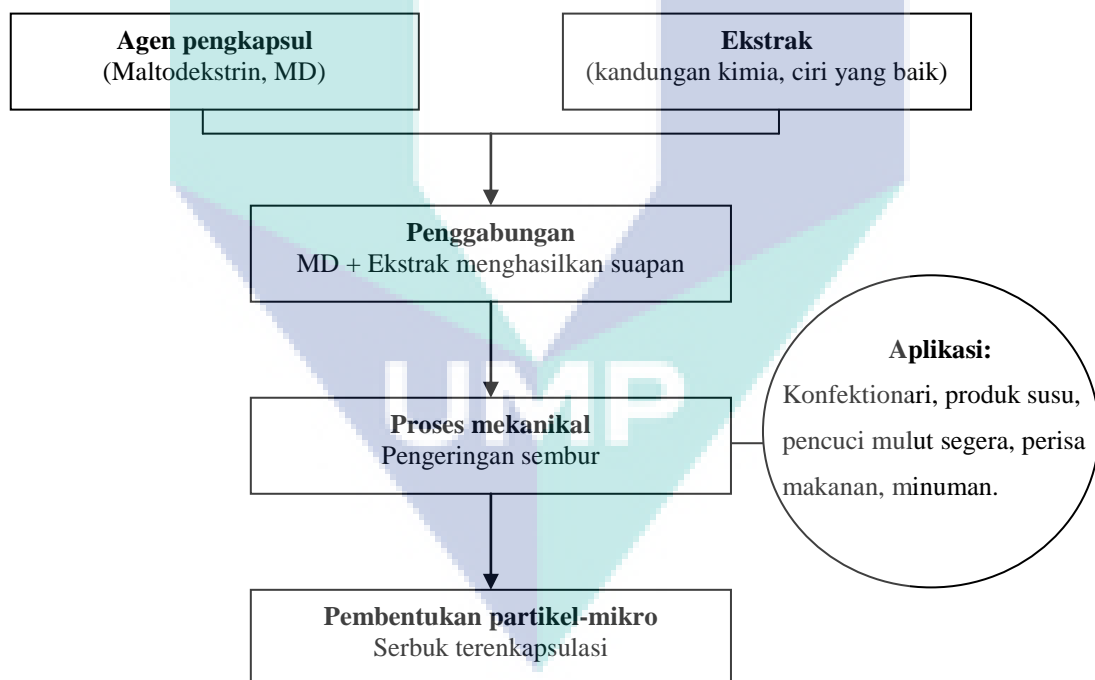
Walaupun bagaimanapun, kebanyakan tindakbalas asid askorbik dan antosianin berlaku dalam tempoh penyimpanan yang panjang. Tambahan pula, pigmen antosianin dalam bentuk kering boleh mempamerkan ciri-ciri kestabilan yang unik dan istimewa.

2.5 ENKAPSULASI

Enkapsulasi adalah teknik yang mana sesuatu bahan atau campuran bahan dilingkari oleh bahan atau sistem lain. Menurut Todd (1970) dan Sparks (1981), mikroenkapsulasi pula merupakan teknologi penyalutan bahan pepejal, cecair atau gas dalam kapsul-kapsul kecil yang boleh membebaskan isi kandungannya pada kadar yang terawal di bawah keadaan yang spesifik. Saiz mikrokapsul yang terhasil biasanya adalah dalam lingkungan julat sub-mikron hingga beberapa milimeter dan berbentuk sfera (Bakan, 1978). Menurut Anandaraman dan Reineccius (1980), saiz mikrokapsul adalah kurang daripada 5000 μm . Oleh kerana saiz mikrokapsulnya yang sedemikian, teknik mikroenkapsulasi ini boleh dibezakan daripada teknik penyalutan makro (Bakan, 1973).

Dalam bidang teknologi makanan, mikroenkapsulasi melibatkan pengemulsian bahan teras di dalam suatu larutan akuas bahan penyalut yang membentuk pelindung mikrokapsul. Bahan yang dilingkari dinamakan bahan utama atau bahan aktif manakala bahan yang melingkari dinamakan sebagai bahan petala (*shell material*), agen pembawa atau agen pengkapsul (Atmane et al., 2006). Pengerian sembur adalah antara teknik enkapsulasi yang menggunakan bahan pembawa seperti maltodekstrin yang digunakan dalam banyak industri berasaskan makanan (Rajah 2.7).

Kebanyakan jus buah-buahan akan terubah kualiti bau, rasa, aroma dan keasliannya semasa pemprosesan melibatkan haba. Ini kerana bahan utama akan terpeluwap dan menjadi bahan lain. Akibat daripada itu, kualiti jus akan merosot. Oleh yang demikian, enkapsulasi dilakukan bagi mengurangkan pemusnahan bahan penting semasa pemprosesan (Tomasik dan Schilling, 2002).



Rajah 2.7: Ilustrasi skematik pembentukan partikel-mikro dan aplikasinya

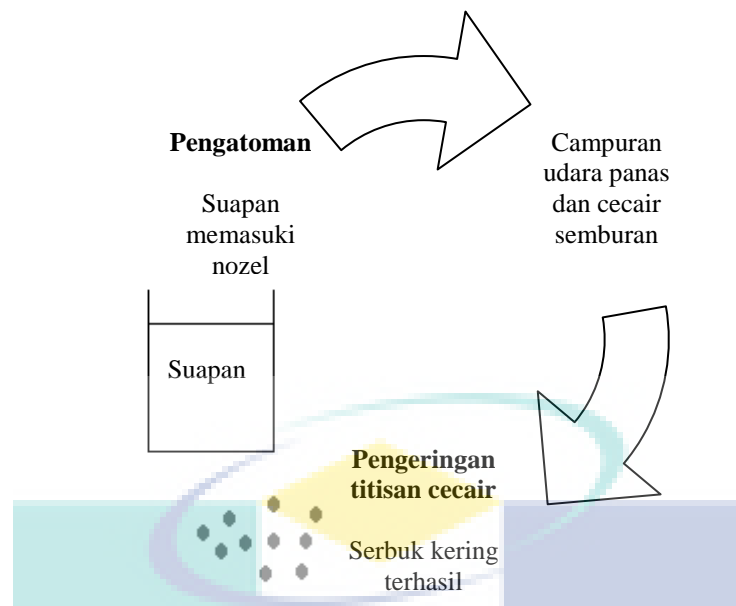
Adaptasi: Atmane et al. (2006)

2.5.1 Pengeringan Sembur

Menurut Ockerman (1978), pengeringan sembur adalah suatu kaedah pengeringan bagi campuran cecair-pepejal secara semburan ke dalam suatu ruang yang panas dan mempunyai haba tinggi, yang mana, pepejal dikeringkan dengan cepat dan air disingkirkan semasa suapan masuk ke ruang tersebut. Pengeringan sembur adalah proses dehidrasi yang paling baik bagi pengeringan produk makanan berbentuk cecair yang mempunyai kandungan air asal yang tinggi (Heldman dan Singh, 1981; Murugesan dan Orsat, 2011).

Pengeringan sembur merupakan kaedah mikroenkapsulasi paling lama dan digunakan secara meluas dalam industri makanan (Dziezak, 1988) kerana berupaya menghasilkan serbuk yang baik (kering sepenuhnya). Pada tahun 1930-an, enkapsulasi perisa telah mula diperkenalkan menggunakan gam akasia sebagai bahan pembawa (Shahidi dan Han, 1993). Faktor yang merintis permulaan dan perkembangan teknik pengeringan sembur adalah kerana ia murah dan fleksibel, memerlukan peralatan yang mudah diperolehi serta menghasilkan partikel yang bermutu tinggi (Heath dan Reineccius, 1986). Kualiti serbuk yang dihasilkan bergantung kepada parameter-parameter yang digunakan semasa pengeringan seperti suhu udara masuk (SUM), jenis pembawa serta kepekatan bahan pembawa (Phisut, 2012).

Menurut Dziezak (1988), komponen utama pengering semburan utama terdiri daripada suatu punca udara panas, ruang pengeringan, alat pengatom dan ruang pengumpulan produk. Proses pengeringan berlaku melalui tiga proses penting yang terjadi pada masa yang sama iaitu pengatoman, campuran udara panas dengan cecair semburan dan pengeringan titisan cecair (Rajah 2.8).



Rajah 2.8: Prinsip asas proses pengeringan sembur

a) Pengatoman

Pengatoman merujuk kepada penukaran cecair suapan kepada semburan melalui nozel. Semburan tersebut mempunyai luas permukaan yang lebih tinggi dan kemudiannya akan terdedah kepada udara panas dan dikeringkan menjadi serbuk. Tujuan utama pengatoman adalah untuk meningkatkan luas permukaan yang terdedah kepada udara panas. Ini akan menyebabkan partikel terdedah kepada pemindahan haba secara optimum (Patel et al., 2009).

b) Campuran udara panas dan cecair semburan

Bahagian yang penting dalam pengering sembur ialah kebuk pengeringan yang merupakan tempat pertemuan semburan dengan udara panas yang menandakan permulaan kepada pengeringan. Udara dipanaskan kepada suhu yang telah ditetapkan dengan pemanas sebelum memasuki kebuk pengeringan (Rajah 2.8) (Watanabe et al., 2002).

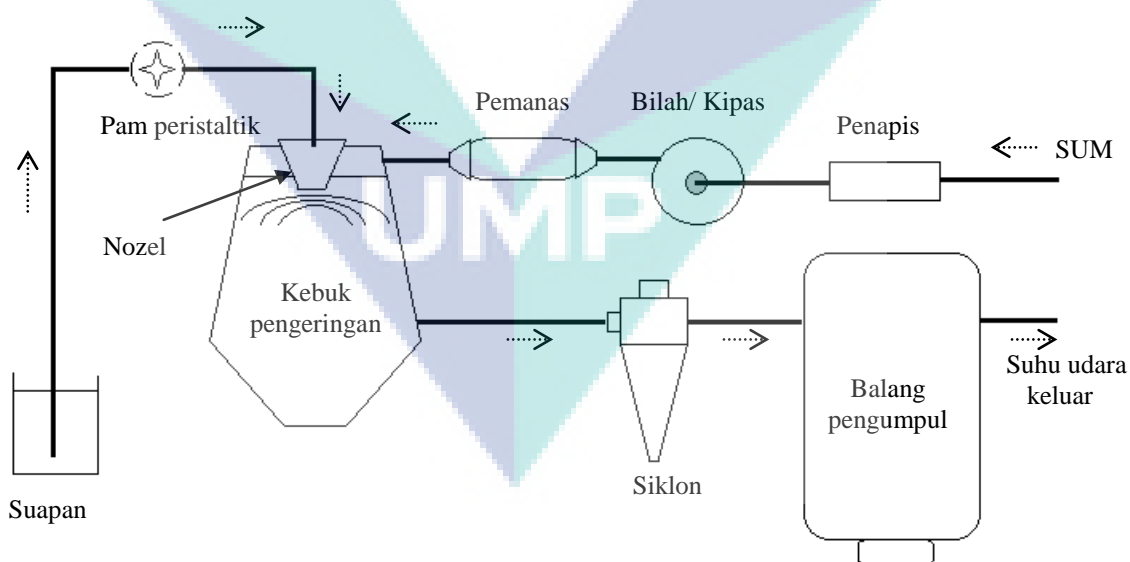
Tenaga haba daripada udara panas digunakan bagi penyejatan air untuk mengeringkan partikel. Pendedahan partikel kepada udara panas adalah singkat iaitu selama beberapa saat sebelum serbuk terbentuk (Phisut, 2012).

c) Pengeringan titisan cecair

Berdasarkan teori pengeringan, setelah partikel didedahkan kepada udara panas, tenaga haba akan menyebabkan suhu semburan meningkat dan penyejatan air berlaku pada suhu yang sekata. Penyejatan air digambarkan dengan keadaan air daripada dalam bahan utama akan menyebar ke luar permukaan dan setelah itu, petala akan terbentuk serta kadar pengeringan menurun. Pengeringan tamat setelah suhu partikel serbuk sama dengan SUM yang dibekalkan ke dalam sistem (Phisut, 2012).

Semua proses iaitu pengatoman, campuran udara panas dan cecair semburan dan pengeringan titisan cecair berlaku dalam kebuk pengeringan. Setelah itu, produk kering yang berbentuk serbuk akan terhasil dan terkumpul pada ruang pengumpulan produk atau balang pengumpul (Rajah 2.9).

Udara panas merujuk kepada SUM biasanya ditetapkan pada $150\text{ }^{\circ}\text{C} - 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ manakala suhu udara keluar biasanya ditetapkan pada $50\text{ }^{\circ}\text{C} - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Phisut, 2012).



Rajah 2.9: Rajah skematik pengering sembur

Adaptasi: Jittanit et al. (2010)

Berdasarkan kajian-kajian lepas, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan pengeringan sembur seperti Jadual 2.5 dibawah.

Jadual 2.5: Kelebihan dan kekurangan pengeringan sembur

Aspek	Huraian
Kelebihan	a) Kos operasi yang rendah b) Kualiti serbuk yang baik (sekiranya peratus hasil tinggi) c) Hasilkan serbuk yang mudah melarut d) Serbuk yang mempunyai ketahanan dipertingkat terhasil
Kekurangan	a) Mikrokapsul yang tidak seragam b) Limitasi bahan pembawa c) Serbuk terlalu halus d) Tidak sesuai untuk suapan tidak rentan haba

Sumber: Atmane et al. (2006)

Serbuk hasil pengeringan sembur mempunyai kualiti yang baik yang mempunyai aktiviti air yang rendah dan berat yang berkurangan. Justeru, jangka hayat serbuk lebih panjang dan memudahkan penyimpanan serta pengangkutan. Banyak kajian yang mendalam dan terperinci mengenai aspek rekabentuk loji dan pengoptimuman pelbagai parameter bagi operasi pengering sembur dilakukan oleh pengkaji-pengkaji terdahulu termasuklah Masters (1979), Chengini dan Ghobadian (2007) dan Chengini et al. (2008). Aspek-aspek pembangunan tersebut dikaji menurut perspektif teknologi dan kejuruteraan bagi mendapatkan peratus hasil yang tinggi, pengoptimuman ciri-ciri yang baik serta meningkatkan kualiti serbuk.

2.5.2 Maltodekstrin (MD)

MD adalah terbitan dekstrin yang merupakan kumpulan karbohidrat yang mempunyai berat molekul yang ringan yang dihasilkan melalui tindak balas hidrolisis kanji. Dekstrin ini mempunyai formula asas yang sama dengan karbohidrat tetapi panjang rantainya adalah lebih pendek (Tharanathan, 2002). Bagi penghasilan untuk kegunaan industri pula, dekstrin biasanya dihasilkan melalui kanji ubi kentang yang dihidrolisis dengan asid. Dekstrin merupakan bahan yang larut air dan mempunyai warna putih kekuningan. Secara analisisnya, dekstrin boleh dikesan dengan menggunakan larutan iodin yang mana akan memberikan warna merah. Struktur gelang bagi dekstrin dikenali

sebagai siklodekstrin. Menurut Abdel-Mohsen et al. (1996), siklodekstrin terhasil apabila kanji mengalami degradasi berenzim akibat tindakan bakteria-bakteria tertentu misalnya *Bacillus macerans*.

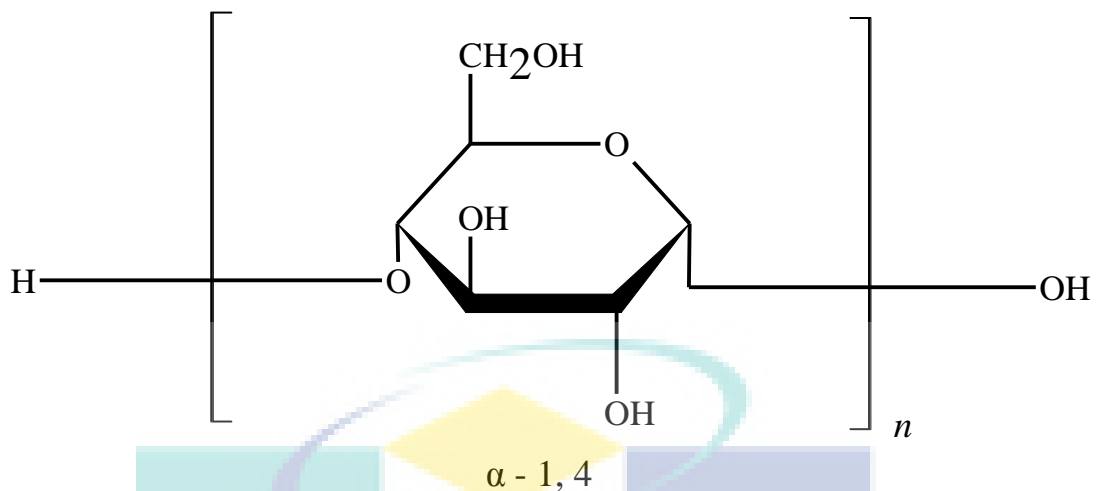
Menurut Borges et al. (1994), dekstrin digunakan secara meluas dalam industri disebabkan sifatnya yang tidak toksik dan boleh diperolehi pada harga yang murah. Ia biasanya digunakan sebagai agen larut air, agen penipis dalam pemprosesan makanan dan juga sebagai agen pengikat dalam bidang farmaseutikal. Dalam analisis kimia, siklodekstrin digunakan sebagai matriks bagi pemisahan sebatian hidrofobik.

a) **Penghasilan**

MD yang merupakan contoh terbaik bagi dekstrin merupakan polisakarida manis yang digunakan sebagai bahan tambah dalam makanan (Chorankis, 1998). Ianya dihasilkan daripada kanji jagung dan diperolehi dalam bentuk serbuk higroskopik yang berwarna putih. Biasanya untuk mendapatkan serbuk MD ini, kanji akan dimasak dan kemudiannya asid dan/atau enzim digunakan untuk menghidrolisiskan kanji tersebut kepada struktur rantai yang lebih kecil iaitu dalam julat 3-20 rantai (Chronakis, 1998). Rantaian ini merupakan pecahan beberapa molekul deskstros yang diikat bersama oleh ikatan hidrogen yang lemah. Dekstros juga dikenali sebagai karbohidrat ringkas dan juga MD kompleks. Ikatan-ikatan yang membentuk molekul MD adalah sangat lemah dan mudah diputuskan.

b) **Struktur**

MD terdiri daripada unit-unit α -D-glukos yang bergabung antara satu sama lain dengan ikatan glikosidik (1 \rightarrow 4) seperti Rajah 2.10 di bawah (Gabas et al., 2007).



Rajah 2.10: Struktur molekul MD

Sumber: Rowe et al. (2009)

c) Pengelasan

MD dikelaskan mengikut nilai DE (nilai dekstros) yang menunjukkan darjah hidrolisis kanji kepada sirap glukos dan boleh ditakrifkan sebagai peratus kandungan gula penurun (dekstros) dalam jumlah pepejal kering. DE berkaitan secara songsang dengan purata berat (Bemiller dan Whistler, 1996). Nilai DE MD adalah di antara 1-19. Jika nilai DE tersebut bersamaan atau lebih daripada 20, ia dikelaskan sebagai pepejal sirap jagung (Reineccius, 1991). Manakala, pecahan kanji yang mempunyai nilai DE di bawah 20 dikelaskan sebagai MD. MD telah dikenalpasti sejak sejak pertengahan tahun 1950-an lagi walaupun tiada sebarang produk komersil dihasilkan.

d) Kelebihan

Perkembangan yang giat telah berlaku dalam penghasilan MD dengan nilai DE yang rendah yang mana ia digunakan secara meluas dalam pengeringan sembur. MD adalah agen pembawa yang baik kerana ia tidak mengganggu rasa dan merupakan aditif semulajadi (Chiou dan Langrish, 2007) kerana ciri-cirinya yang neutral iaitu berwarna putih dan mempunyai rasa yang tawar (Brenner, 1983). Selain itu, MD juga

mempunyai keterlarutan yang tinggi dan kelikatan yang rendah yang merupakan ciri yang baik untuk suapan pengeringan sembur (Quek et al., 2007). Kelebihan lain yang utama bagi industri makanan adalah harga MD yang murah (McKernan, 1972).

Tindak balas pemerangan berlaku dalam produk makanan dengan kehadiran gula penurun dan protein serta apabila proses pemanasan dilakukan. Walaubagaimanapun, MD dapat memperlambatkan kadar tindak balas pemerangan disebabkan kehadiran gula penurun yang rendah dalam MD (Gabas et al., 2007). Oleh itu, menurut Gabas et al. (2007) sebatian MD dianggap sebagai bahan perencat dan boleh digabungkan dengan mana-mana bahan kimia sensitif seperti dalam sesetengah perasa mahupun bahan-bahan farmaseutikal tanpa mendatangkan sebarang risiko hasil daripada tindak balas sampingan.

Selain itu, semasa pengeringan sembur, MD membentuk lapisan gula ataupun kesan hiperkromik yang menstabilkan pigmen antosianin dalam buah strawberi (Wrolstad, 2000) dan juga dalam buah roselle (Tsai et al., 2004) disebabkan penurunan aktiviti air. Antosianin merupakan sumber pewarna semulajadi yang baik tetapi ianya adalah tidak stabil semasa pemrosesan dan juga semasa penyimpanan. Suhu, pH, oksigen dan aktiviti air dianggap sebagai antara faktor penting dalam mempengaruhi kestabilan antosianin. Semasa proses pemanasan, degradasi dan pempolimeran berlaku dan biasanya ia turut menyumbang kepada fenomena penyahwarnaan antosianin (Markakis et al., 1982). Penurunan aktiviti air (a_w) berkaitan dengan penurunan kadar pemusnahan bagi antosianin iaitu penghidratan kromofor antosianin kepada pigmen yang tidak berwarna menjadi perlahan serentak dengan pengurangan kandungan air. Serbuk antosianin kering ($a_w \leq 0.3$) adalah lebih stabil pada suhu bilik untuk tempoh beberapa tahun sekiranya disimpan dalam bekas yang tertutup dan kedap udara (Fracassetti et al., 2013).

2.6 KAJIAN-KAJIAN TERDAHULU

Disebabkan terdapat kekurangan kajian mengenai buah rosol, Wong et al. (2002) telah melakukan kajian komposisi kimia dan ciri-ciri fizikal kaliks rosol segar. Kajian yang dilakukannya tertumpu kepada pengukuran saiz, berat, pH, kandungan pepejal larut, kandungan antosianin, kandungan asid organik dan kandungan gula yang terkandung dalam kaliks rosol segar. Wong et al. (2002) melaporkan bahawa rosol adalah buah-buahan tempatan yang kaya dengan antosianin dan mempunyai kandungan asid askorbik yang signifikan. Ekstrak boleh diminum segar atau diolah menjadi kordial atau sorbet sebagai alternatif kepada buah segar dan merupakan salah satu cara mengatasi lambakan rosol di pasaran.

Selain daripada kaliks segar, antara kaedah lain yang dijalankan ialah dengan mengeringkan kaliks segar terlebih dahulu menjadi kaliks rosol kering sebelum diekstrak. Hal ini akan memberi ketahanan dari sudut penyimpan sebelum sebarang pembangunan produk dijalankan. Untuk itu, kajian pengoptimuman kaedah pengekstrakan kaliks rosol kering dilakukan oleh Sirichote et al. (2008) yang melihat kepada nisbah, masa dan suhu yang optimum bagi pengekstrakan. Berdasarkan keputusan ujikaji, pengekstrakan rosol dilakukan dengan nisbah rosol terhadap air 1:10 memberikan keputusan yang baik dari segi warna dan kandungan antosianin. Menerusi kajian tersebut juga, suhu dan masa yang baik bagi mengekstrak kaliks rosol kering dilaporkan adalah pada 50 °C dan selama 30 minit kerana mengekalkan warna dan memberikan bacaan nilai antosianin yang tinggi. Justeru itu, kajian yang dilakukan oleh Sirichote et al. (2008) ini menjadi asas kepada kajian yang dilakukan ini dengan melakukan pengekstrakan kaliks rosol kering menurut nisbah, masa, dan suhu yang dicadangkan.

Bagi kajian mengenai nanas pula, kajian lebih tertumpu kepada menghasilkan produk-produk lain daripada empulur iaitu bahan buangan yang tidak digunakan dalam kebanyakan produk berasaskan nanas. Bahan buangan daripada industri pertanian boleh dikitar semula dan mempunyai banyak peluang untuk dibangunkan kembali dari sudut pandang potensi bioteknologi.

Selain daripada itu, terdapat juga kajian yang meneliti ciri-ciri fizikokimia bagi setiap tahap kemasakan nanas seperti kajian yang dijalankan oleh Nadya et al. (2012). Kajian tersebut adalah penting kerana SabahelKhier et al. (2010) melaporkan terdapat perbezaan yang signifikan terhadap aspek fizikal, kimia dan sensori nanas yang diuji daripada peringkat kemasakan yang berbeza. Kajian Nadya et al. (2012) melaporkan bahawa nanas pada indeks kemasakan 3 (daripada skala penuh 3) adalah terbaik dari sudut kandungan pulpa, penyerapan dan jumlah pepejal larut namun kandungan asid sitriknnya menurun. Walaupun kajian ini tidak mentakrifkan indeks kemasakan buah nanas, namun, boleh difahami bahawa indeks kemasakan yang sederhana dan tinggi akan menghasilkan jus nanas yang mempunyai kualiti fizikokimia yang baik. Kajian lebih awal yang dilakukan oleh Ng (1990) lebih spesifik kepada pemilihan nanas dengan tahap kematangan yang sesuai bagi tujuan pengeringan. Ng (1990) mencadangkan nanas dengan tujuh hingga lapan mata buah berwarna kuning mempunyai ciri-ciri yang terbaik untuk pengeringan. Ini kerana, keamatan warna, aktiviti air dan keupayaan rehidrasi nanas pada peringkat ini adalah paling baik manakala teksturnya mudah dikendalikan. Justeru itu, nanas yang dipilih dalam kajian ini adalah pada peringkat kematangan 3 dan 4 (daripada skala penuh 5) iaitu dengan sekurang-kurangnya enam hingga lapan mata buah berwarna kuning kerana mempunyai ciri-ciri fizikokimia, sensori dan keupayaan pengeringan yang baik.

Terdapat banyak kajian enkapsulasi melalui kaedah pengeringan sembur dilakukan memandangkan teknik ini adalah salah satu teknik yang popular dan digunakan dengan meluas dalam industri bagi menghasilkan serbuk buah yang boleh digunakan bagi pelbagai tujuan. Faktor penyumbang kepada pemilihan teknik pengeringan sembur ini kerana ia merupakan proses yang selamat, cepat dan ekonomikal (Sagar dan Suresh Kumar, 2010). Sehubungan itu, serbuk rosel-nanas boleh digunakan sebagai alternatif yang terbaik kepada jus rosel-nanas dan boleh digunakan sebagai bahan perisa, elemen pengkayaan nutrien dan bahan penyumbang warna (al-Asheh, 2003) dalam industri makanan, farmaseutikal dan kosmetik.

Menerusi kajian-kajian terdahulu, terdapat dua isu utama yang menjadi topik bagi setiap kajian pengeringan sembur. Isu yang pertama ialah kesan SUM yang digunakan semasa pengeringan ke atas ciri-ciri serbuk yang dihasilkan. Rodriguez-Hernandez et al. (2005) dalam kajian mengenai kesan suhu ke atas kandungan buah pir membuktikan SUM yang tinggi akan menyebabkan berlaku kerosakan secara kimia dan mekanikal terhadap kandungan utama ekstrak dan suapan pir. Maka, ia memberi kesan negatif terhadap kandungan nutrien serbuk yang menjadi bahan utama yang mahu dilindungi dalam kajian penyerbukan. Namun demikian, dalam kajian yang lain, Borges et al. (2009) melaporkan SUM yang rendah akan menghasilkan serbuk yang melekit dan mempunyai kandungan air yang tinggi. Justeru, serbuk yang terhasil mudah rosak dan mempunyai kualiti yang rendah. Ini kerana, sifat tahan lama bagi serbuk merupakan atribut kualiti yang penting memandangkan tujuan penyerbukan adalah untuk menghasilkan serbuk yang mempunyai jangka hayat yang panjang.

Isu kedua pula ialah kesan penambahan MD ke atas penghasilan dan ciri-ciri serbuk. Ini kerana, banyak kajian membuktikan tanpa penambahan MD, penyerbukan tidak dapat berlaku (Chegini dan Ghobadian, 2007). Penambahan MD ke dalam suapan sebelum proses pengeringan sembur telah dibuktikan membantu penghasilan serbuk malah telah dilakukan sejak tahun 70-an lagi (Brennan et al., 1971) dan berterusan sehingga kini. MD tetap digunakan bagi tujuan penyerbukan kerana ia senang dihasilkan, mudah dikendalikan, murah serta menghasilkan serbuk yang baik (*fine powder*). Secara relatifnya, penambahan MD yang sedikit menghasilkan serbuk yang sedikit, tidak kering sepenuhnya dan melekit pada ruang pengeringan. Manakala, dengan penambahan peratus MD yang tinggi, warna serbuk adalah cerah, pucat dan tidak menarik (Quek et al., 2007). Ini menyebabkan penurunan kualiti serbuk memandangkan warna merupakan indikator bagi pemprosesan yang efisien bagi produk makanan dan mempengaruhi persepsi pengguna (Francisco dan Octavio, 2002).

Bagi mengelakkan sebarang kerosakan pada ciri-ciri fizikokimia, banyak kajian yang mengkaji pengoptimuman regim masa-SUM-MD dalam kajian pengeringan sembur. Antaranya ialah, kajian penghasilan serbuk rosel yang dilakukan oleh Gomez-Leyva et al. (2009) yang melakukan pencirian kandungan meruap rosel seperti ester, aldehid, sebatian fenolik, kandungan asid lemak dan gula dengan perbezaan SUM. Hasil

kajian menunjukkan, peningkatan SUM memberikan kesan yang pelbagai terhadap kandungan meruap ekstrak rosol.

Kajian pengeringan sembur rosol dijalankan oleh Isaac dan Hector (2004) melakukan pengoptimuman proses dengan membangunkan model matematik bagi penentuan parameter operasi yang optimum. Berdasarkan kajian tersebut, SUM optimum yang dicadangkan adalah di bawah 190 °C yang turut menjadi asas dalam kajian ini bagi melihat kesan SUM pada suhu 120 °C sehingga 200 °C.

Antara kajian fizikokimia yang komprehensif pos-pengeringan sembur dilakukan oleh Quek et al. (2007) yang memberi penekanan terhadap ciri-ciri fizikokimia serbuk tembikai iaitu kandungan kelembapan, kandungan air, kelarutan, pengukuran warna, penentuan kandungan likopena dan beta-karotin serta kandungan gula. Kajian ini menyimpulkan bahawa, pengeringan sembur dengan MD pada DE (nilai dekstros) yang rendah (DE 8-12) mempunyai sifat pengikatan nutrien yang tinggi dan menghasilkan serbuk yang mempunyai nutrien yang lebih baik. Dengan DE yang lebih tinggi daripada 12, serbuk dengan kandungan nutrien yang rendah dan serbuk tidak berkualiti terhasil. Justeru, kajian ini menggunakan MD dengan DE 10 sebagai agen pembawa dalam proses pengeringan melalui teknik pengeringan sembur.

Kajian penghasilan serbuk nanas dilakukan oleh Borges et al. (2002) dengan mengkaji ciri-ciri fizikal serbuk setelah dikering sembur pada SUM 190 °C. Kajian tersebut memfokuskan kepada kesan penambahan MD dan kadar pengatoman terhadap kandungan kelembapan, ketumpatan, kelarutan dan warna serbuk. Perbincangan mengenai kadar pengatoman adalah bertujuan sebagai data atau rujukan asas kepada kajian-kajian selanjutnya menggunakan teknik pengeringan sembur. Menurut kajian tersebut, peningkatan kadar pengatoman menghasilkan serbuk dengan ketumpatan yang lebih rendah dan serbuk yang porous terhasil (Pisecky, 1978; Borges, 2002).

Setakat kajian ini dilakukan, masih belum terdapat kajian yang menghasilkan serbuk dengan menggabungkan dua atau lebih ekstrak buah-buahan. Kajian-kajian terdahulu terhenti setakat menghasilkan gabungan jus seperti kajian yang dijalankan oleh Fasoyiro et al. (2005) yang mengkaji komposisi kimia dan analisis sensori

minuman rosel berperisa oren, epal dan nanas. Berdasarkan kajian tersebut, minuman rosel berperisa nanas mempunyai kandungan protein, fosforus dan natrium yang tinggi. Dari sudut sensori pula, minuman rosel berperisa nanas adalah yang terbaik dari semua aspek rasa, perisa, warna dan penerimaan keseluruhan berbanding minuman rosel berperisa oren dan epal.

Berasaskan kajian Fasoyiro et al. (2005) di atas, kajian ini merupakan kajian lanjutan bertujuan menghasilkan serbuk rosel-nanas. Selain itu, kajian ini adalah aplikasi terbaharu kepada teknik pengeringan sembur dengan menggunakan gabungan buah-buahan tempatan. Fasoyiro et al. (2005) turut bersetuju bahawa gabungan jus nanas dengan ekstrak rosel menghasilkan serbuk yang mempunyai warna yang menarik dan unik kerana mempunyai dua perisa yang saling melengkapi. Pemilihan rosel dan nanas juga dibuat atas faktor utama iaitu kedua-duanya merupakan buah-buahan tempatan, senang didapati, murah dan senang dikendalikan. Penggabungan ini memberikan nilai tambah dari sudut kandungan nutrien dengan peningkatan kandungan asid askorbik dan membekalkan sumber antioksidan. Menerusi kajian ini, maklumat saintifik mengenai kesan SUM dan penambahan MD ke atas ciri-ciri penghasilan umum serbuk dan ciri-ciri fizikokimia serbuk dikaji bagi menentukan kualiti produk yang dihasilkan.

The logo of Universiti Malaysia Perlis (UMP) is a large, stylized letter 'V' shape. The left side of the 'V' is light blue, the right side is light green, and the bottom point is a darker blue. The letters 'UMP' are written in white, bold, sans-serif font across the center of the 'V' shape.

UMP

BAB 3

BAHAN DAN KAEDAH

3.1 PENGENALAN

Dalam bab ini, prosedur-prosedur kajian yang telah dijalankan dibincangkan dengan lebih lanjut. Ia merangkumi dua aspek utama kajian iaitu pra-pengeringan dan pos-pengeringan. Bagi pra-pengeringan, prosedur ujikaji yang dibincangkan melibatkan penyediaan sampel dan bahan, penyimpanan bahan mentah, pengekstrakan kaliks rosel kering, pengekstrakan jus nanas, penghasilan ekstrak rosel-nanas dan pemformulasian suapan. Seterusnya, prosedur analisis kandungan suapan juga dibincangkan. Bagi pos-pengeringan, prosedur enkapsulasi dilakukan melalui teknik pengeringan sembur bagi menghasilkan serbuk rosel-nanas. Prosedur-prosedur berkaitan peratus hasil serbuk dan sifat umum serbuk dihuraikan. Selain daripada itu, turut dibincangkan kaedah analisis fizikokimia serbuk iaitu kandungan asid askorbik, antosianin, kandungan air, kehidroskopikan, aktiviti air, kelarutan dan keterlarutan serbuk. Kesemua prosedur kajian adalah berdasarkan kajian-kajian yang terdahulu dan digunakan secara meluas untuk penyelidikan serbuk buah-buahan.

3.2 PENYEDIAAN SAMPEL DAN BAHAN

Sampel dan bahan kajian ini adalah kaliks rosel kering, buah nanas dan MD. Kaliks rosel kering dan buah nanas merupakan sampel utama dalam kajian ini yang merupakan bahan utama yang dilindungi semasa enkapsulasi. MD pula merupakan bahan pembawa yang digunakan secara pengkapsul dan bagi tujuan penyerbukan.

Kaliks rosel kering yang digunakan dalam kajian ini dibeli daripada Pasar Borong Selangor, Selangor. Kaliks rosel kering ini telah diproses secara tradisonal bagi tujuan pengkomersialan. Pada musim yang sesuai, buah rosel segar akan dipetik dan dibuang bijinya sebelum dikeringkan di bawah sinaran matahari secara terbuka. Kaliks yang segar tadi kemudian akan menjadi kering dan akan dibungkus untuk jualan. Bagi tujuan menjalankan kajian ini, kaliks rosel kering yang baik dipilih dengan cermat terlebih dahulu sebelum diproses selanjutnya.

Buah nanas yang digunakan bagi kajian ini adalah dari varieti *Josapine* yang dibeli daripada pasar buah di pekan Gambang, Kuantan. Buah yang elok dan dipastikan tidak cedera dipilih untuk kajian ini. Selain itu, buah nanas yang dipilih adalah pada peringkat kematangan 3 dan 4 iaitu dengan sekurang-kurangnya enam hingga lapan mata buah berwarna kuning. Peringkat kemasakan berdasarkan warna mata buah ditunjukkan dalam Jadual 3.1 di bawah.

Jadual 3.1: Peringkat kemasakan nanas berdasarkan warna mata buah

Peringkat Kematangan	Warna Mata Buah
0	Semua mata buah berwarna hijau
1	1-2 mata buah berwarna kuning
2	3-4 mata buah berwarna kuning
3	5-6 mata buah berwarna kuning
4	7-8 mata buah berwarna kuning
5	Semua mata buah berwarna kuning

Sumber: Sedky (1972)

MD DE 10 yang digunakan dalam kajian ini bertindak sebagai bahan pembawa dan penstabil diperolehi daripada syarikat San Soon Seng Food Industries Sdn. Bhd., Sungai Buloh, Selangor. Spesifikasi MD yang digunakan adalah seperti LAMPIRAN A.

3.3 PENYIMPANAN BAHAN MENTAH

Kaliks rosel kering, buah nanas dan MD disimpan pada suhu bilik (25°C) sebelum ujikaji dijalankan. Pemilihan suhu adalah berdasarkan kajian lepas iaitu suhu 25°C adalah suhu optimum penyimpanan suhu bilik.

3.4 PENGEKSTRAKAN KALIKS ROSEL KERING

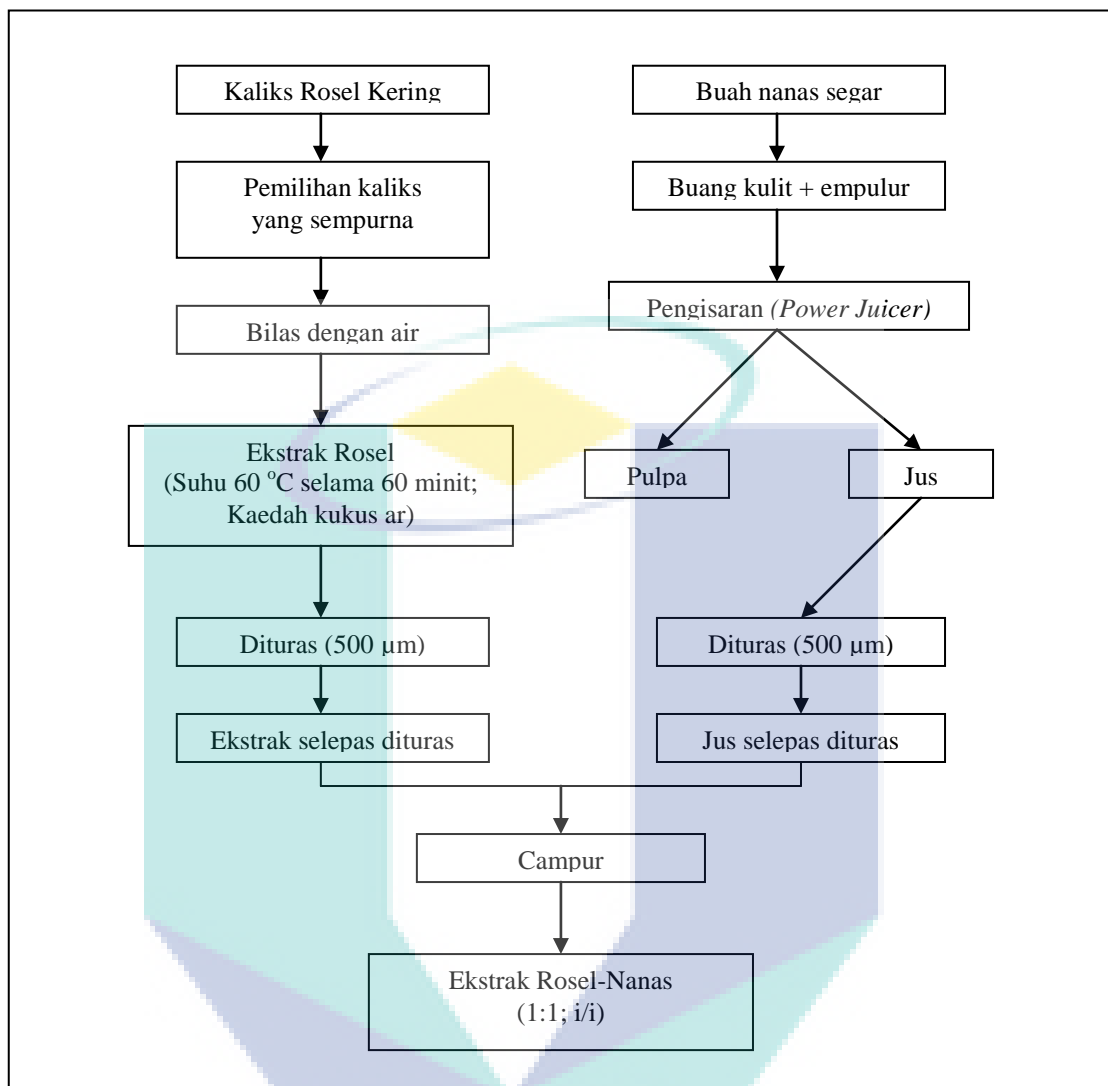
Penyediaan ekstrak rosel adalah mengikut kaedah yang dicadangkan oleh Sirichote et al. (2008). Kaliks rosel kering yang telah dipilih dengan cermat dibilas dengan air sebelum diekstrak. Kemudian sebanyak 100 g kaliks rosel kering dikukuskan dengan 1 liter air (1:10; b/i) selama 30 minit pada suhu 50°C. Ekstrak kemudiannya dituras (500 µm) dan larutan tertapis ekstrak kaliks rosel kering yang berwarna merah diperolehi. Ekstrak seterusnya dibotolkan dan kemudian disimpan di tempat gelap untuk kegunaan dan analisis selanjutnya.

3.5 PENGEKSTRAKAN JUS NANAS

Lima biji nanas dipilih dari keseluruhan sampel dibuang kulit luar dan mata nanasnya. Bahagian tengah atau empulur nanas dipotong dan diasingkan. Nanas dikisar menggunakan pengisar jus elektronik *Power Juicer* (Smart Shop, USA) bagi memperoleh jus nanas. Dalam pengisaran ini, bahagian pulpa dan jus nanas akan terasing. Jus kemudiannya dituras dan larutan yang tertapis berwarna kuning terang diperolehi. Jus nanas dibotolkan dan kemudian disimpan di tempat gelap untuk kegunaan dan analisis selanjutnya.

3.6 PENGHASILAN EKSTRAK ROSEL-NANAS

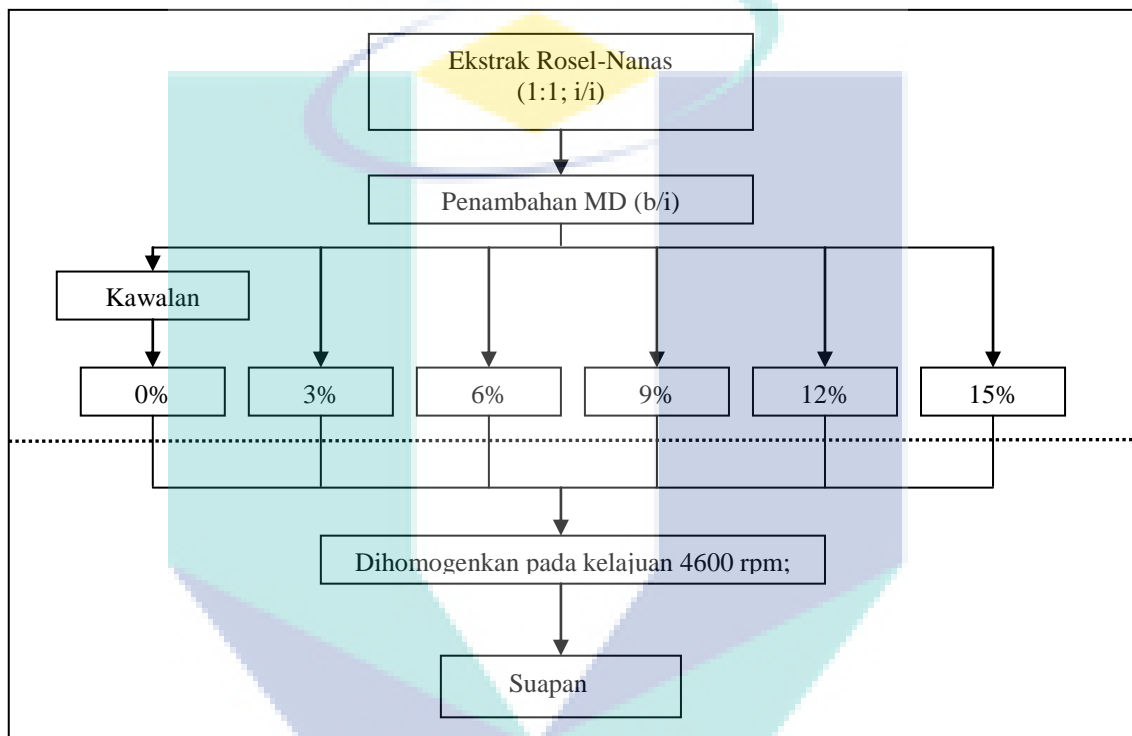
Ekstrak rosel dan jus nanas disediakan dengan mencampurkan kedua-dua ekstrak dalam nisbah 1:1 (i/i). Rajah 3.1 menunjukkan carta alir penyediaan ekstrak rosel-nanas dalam kajian ini.



Rajah 3.1: Carta alir bagi penyediaan ekstrak rosel-nanas

3.7 PEMFORMULASIAN SUAPAN

Bagi menyediakan suapan, ekstrak rosel-nanas ditambah MD mengikut peratus (b/i) yang telah ditetapkan iaitu 3% sehingga 15% (Rajah 3.2). Campuran ekstrak dan MD dihomogenkan dengan menggunakan alat penghomogen (Silverson L4RT) pada kelajuan 4600 rpm selama 30 saat. Perlakuan kawalan tanpa MD juga disediakan.



Rajah 3.2: Carta alir penyediaan suapan bagi pengeringan sembur

3.8 ANALISIS KANDUNGAN SUAPAN

Analisis dilakukan bagi menentukan kandungan asid askorbik, antosianin, aktiviti air, warna dan bau suapan tersedia sebelum pengeringan sembur. Analisis diulang sebanyak tiga kali dan bacaan purata direkodkan. Kaedah-kaedah analisis adalah seperti berikut:

a) Asid Askorbik

Kandungan asid askorbik suapan ditentukan dengan menggunakan kaedah spektrofotometer seperti yang digunakan oleh Ranganna (1978) dan Ranganna (1987). Asid askorbik atau vitamin C akan menyahwarnakan larutan pewarna 2,6-diklorofenol-indofenol. Oleh itu, keamatan pewarna bergantung kepada kandungan asid askorbik dalam perlakuan suapan. Reagen yang diperlukan adalah seperti berikut:

- i) Larutan 2% asid metafosforik
 - ii) Larutan pewarna: Larutkan 100 mg 2,6-diklorofenol indofenol dan 84 mg natrium bikarbonat dalam air panas (suhu 85-95°C), sejukkan dan dijadikan 100 ml dengan air suling. Larutan dituras dan 25 ml turasan dicairkan dengan air suling kepada 500 ml.
- 1) Larutan piawai asid askorbik:

Timbang 100 mg asid askorbik dan jadikan 100 ml dengan 2% asid metafosforik. Kemudian pipet 4 ml dan dicairkan kepada 100 ml dengan asid metafosforik. (1 ml = 4 µg asid askorbik)

Lengkuk piawai: Pipet larutan asid askorbik sebanyak 1, 2, 2.5, 3, 4 dan 5 ml dan kemudian jumlah isipadunya dijadikan 5 ml dengan 2% asid metafosforik. Tambah 10 ml pewarna, goncang dan baca penyerapan menggunakan spektrofotometer selepas 15-20 saat. Ukur warna merah pada jarak gelombang 518 nm dengan menggunakan 5 ml 2% asid metafosforik dicairkan dengan 10 ml air suling sebagai pengosong. Plot graf penyerapan berbanding kepekatan.

2) Penentuan asid askorbik:

Penyediaan sampel: 0.5 ml ekstrak rosel-nanas dicairkan kepada 25 ml dengan larutan 2 % asid metafosforik. Pipetkan 5 ml sampel yang telah dicairkan dan letakkan dalam tabung uji. 10 ml pewarna ditambah dan ukur penyerapan seperti pada 1 (piawai). Kandungan asid askorbik per 100 g sampel dibaca sebagai mg/100 g. Kandungan asid askorbik ditentukan dengan menggunakan persamaan [3.1] di bawah:

$$\text{Kandungan asid askorbik/100 g sampel} = \frac{A_{518} \times F \times I \times 100}{1000} \quad [3.1]$$

Petunjuk

A_{518} : Kepekatan asid askorbik daripada lengkuk piawai asid askorbik

I : Jumlah isipadu pencairan (ml)

F : Faktor pencairan (jumlah isipadu / isipadu untuk dicairkan)

b) Antosianin

Kandungan antosianin jumlah dalam suapan ditentukan berdasarkan kaedah yang dicadangkan oleh Fuleki dan Francis (1968). Pelarut yang digunakan ialah 85 ml larutan 95% etanol dan 15 ml 1.5 N HCl. Sebanyak 1 ml sampel dipipet ke dalam tabung uji dan ditambahkan dengan 4 ml pelarut etanol-HCl. Kemudian tabung uji tersebut ditutup dengan parafilm dan disimpan di tempat gelap selama 120 minit. Kemudian penyerapan diukur pada 543 nm dengan menggunakan spektrofotometer. Kandungan antosianin dicatatkan sebagai sianidin-3-galaktosid (g/100g) ditentukan dengan menggunakan persamaan [3.2] di bawah:

$$\text{Jumlah antosianin} = \frac{A_{543} \times F \times I \times 100}{B \times E} \quad [3.2]$$

Petunjuk

- A_{543} : daya serapan pada 543 nm
 I : Jumlah isipadu sampel dijadikan (ml)
 F : Faktor pencairan (jumlah isipadu / isipadu untuk dicairkan)
 E : Kedayaserapan 1% larutan = 559
 B : Berat sampel (g)

c) Aktiviti air

Aktiviti air bagi suapan diukur dengan menggunakan Water Activity Meter (Aqualab Series 3TE, USA). Sampel suapan diletakkan ke dalam bekas sampel yang disediakan dan bacaan aktiviti air dipaparkan pada skrin. Ujian ulangan dilakukan dan bacaan purata direkodkan.

d) Warna dan bau

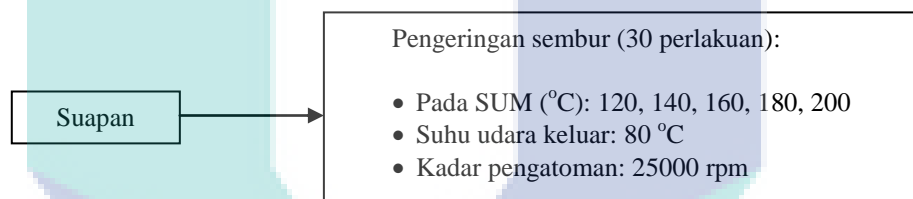
Pemerhatian ke atas warna suapan dilakukan dan keputusan dicatatkan. Bau suapan turut diperhatikan dan keputusan dicatatkan.

3.9 PENGERINGAN SEMBUR

Serbuk dihasilkan dengan menggunakan teknik pengeringan sembur. Suapan yang telah disediakan dimasukkan ke dalam alat pengering sembur (LabPlant SD-06), United Kingdom (Rajah 3.3). SUM ditetapkan pada julat 120 °C hingga 200 °C dan suhu udara keluar dimalarkan pada 80 °C dan kadar pengatoman ditetapkan pada 25000 rpm. Alat pengeringan ini menggunakan nozel automatik bersaiz 0.5 mm dengan balang pengeringan berdiameter 1.5 m. Rumusan perlakuan kajian ini ditunjukkan dalam Rajah 3.4.



Rajah 3.3: Pengering sembur skala makmal LabPlant SD-06



Rajah 3.4: Perlakuan pengeringan sembur

Setiap perlakuan dipam masuk ke dalam instrumen pengeringan dengan menggunakan pam peristalsis dan dilepaskan oleh penyahsekatan pada selisih sederhana. Serbuk yang terhasil di dalam balang pengumpul dikumpul dengan mengetuk balang dengan tukul getah, dibiarkan sejuk hingga suhu bilik dan disimpan di dalam plastik kedap udara sebelum analisis selanjutnya.

3.10 ANALISIS PERATUS HASIL

Analisis dilakukan ke atas serbuk yang terhasil bagi melihat peratus hasil. Penelitian adalah berdasarkan kesan SUM dan perbezaan peratus MD yang digunakan. Peratus hasil serbuk diukur menggunakan kaedah yang dicadangkan oleh Srzednicki et al. (2009) dengan mengambil berat hasil dinisbahkan kepada berat suapan $(b/i) \times 100\%$. Analisis diulang sebanyak tiga kali dan bacaan purata direkodkan.

3.11 ANALISIS SIFAT UMUM

Sifat umum serbuk diperhatikan dan dicatatkan dari sudut pengumpulan serbuk, kegumpalan, warna dan bau.

3.12 KANDUNGAN ASID ASKORBIK

Bagi penentuan asid askorbik, 1 g serbuk dilarutkan ke dalam 15 ml air suling dan dikacau sehingga larut. Kemudian, kandungan asid askorbik ditentukan melalui kaedah yang sama seperti dalam bahagian 3.7 a). Analisis dilakukan sebanyak tiga kali dan bacaan purata direkodkan.

3.13 PENENTUAN ANTOSIANIN

Bagi penentuan kandungan antosianin, 1 g serbuk dilarutkan ke dalam 15 ml air suling dan dikacau sehingga larut. Kemudian, kandungan antosianin ditentukan melalui kaedah yang sama seperti dalam bahagian 3.7 b).

3.14 PENENTUAN KANDUNGAN KELEMBAPAN

Bagi penentuan jumlah keseluruhan kandungan air dalam serbuk rosel-nanas, kaedah yang digunakan adalah kaedah ketuhar suhu 105 °C selama 24 jam. Menurut Pearson (1976), piring petri kosong ditimbang dengan menggunakan alat penimbang elektronik. Kemudian, serbuk rosel-nanas diletakkan ke atas piring petri, ditimbang beratnya dan direkodkan sebagai berat awal. Piring petri itu dimasukkan ke dalam

ketuhar pada suhu 105 °C selama 24 jam dan setelah itu disejukkan di dalam desikator. Setelah sejuk, piring petri tersebut ditimbang dan langkah pemanasan di dalam ketuhar diulang sehingga berat yang konsisten dan stabil diperoleh (direkodkan sebagai berat akhir).

Peratus kandungan air ditentukan dengan menggunakan formula dalam persamaan [3.3] di bawah.

$$\text{Kandungan air (\%)} = \frac{\text{Berat awal (g)} - \text{berat akhir (g)}}{\text{Berat awal (g)}} \times 100 \% \quad [3.3]$$

3.15 KEHIGROSKOPIKAN

Kehigrospikan serbuk ditentukan menggunakan kaedah yang dicadangkan oleh Cai dan Corke (2000). 1 gram serbuk diletakkan dalam vial aluminium, ditimbang dan diletakkan di dalam baling pengering yang mengandungi larutan NaCl tepu (kelembapan relatif adalah 75.3%) pada suhu 25 °C. Pada hari ketujuh, serbuk dikeluarkan dan ditimbang. Ujikaji diulang dan bacaan dicatat sebagai g (kelembapan) per 100 g serbuk .

3.16 AKTIVITI AIR

Ujian aktiviti air diukur bagi sampel serbuk rosel-nanas sejeurus selepas ia dikutip setelah pengeringan sembur. Aktiviti air bagi serbuk rosel-nanas diukur dengan menggunakan Water Activity Meter (Aqualab Series 3TE, USA) dan ditentukan melalui kaedah yang sama seperti bahagian 3.8 c).

3.17 KELARUTAN

Bagi ujian kelarutan, kaedah yang dicadangkan oleh al-Kahtani dan Hassan (1990) digunakan. 50 mg serbuk ditimbang dan diletakkan di dalam tabung uji. Kemudian, 1 ml air suling ditambah ke dalam tabung uji tersebut. Campuran tersebut dikacau menggunakan vorteks pada kelajuan sederhana. Masa untuk serbuk melarut sepenuhnya dicatatkan menggunakan pemasa elektronik. Ujikaji diulang dan bacaan dicatat dalam saat (s).

3.18 KETERLARUTAN

Bagi ujian keterlarutan, kaedah yang dicadangkan oleh Sekiguchi et al. (1998) telah digunakan. 15 gram serbuk rosol-nanas dimasukkan ke dalam bikar berisi 200 ml air suling dan bar magnet dan kemudian diletakkan di atas pengaduk magnetik (IKA RCT Basic, USA) pada kelajuan 200 rpm selama satu minit. Kemudian, kesemua larutan didalam bikar dituangkan ke atas pengayak bersaiz 125 μm . Pengayak tersebut dikeringkan dan berat sampel serbuk yang tidak terlarut adalah bersamaan dengan baki serbuk yang tidak melepasi pengayak.

Pelarutan serbuk diukur dengan menggunakan persamaan [3.4] di bawah.

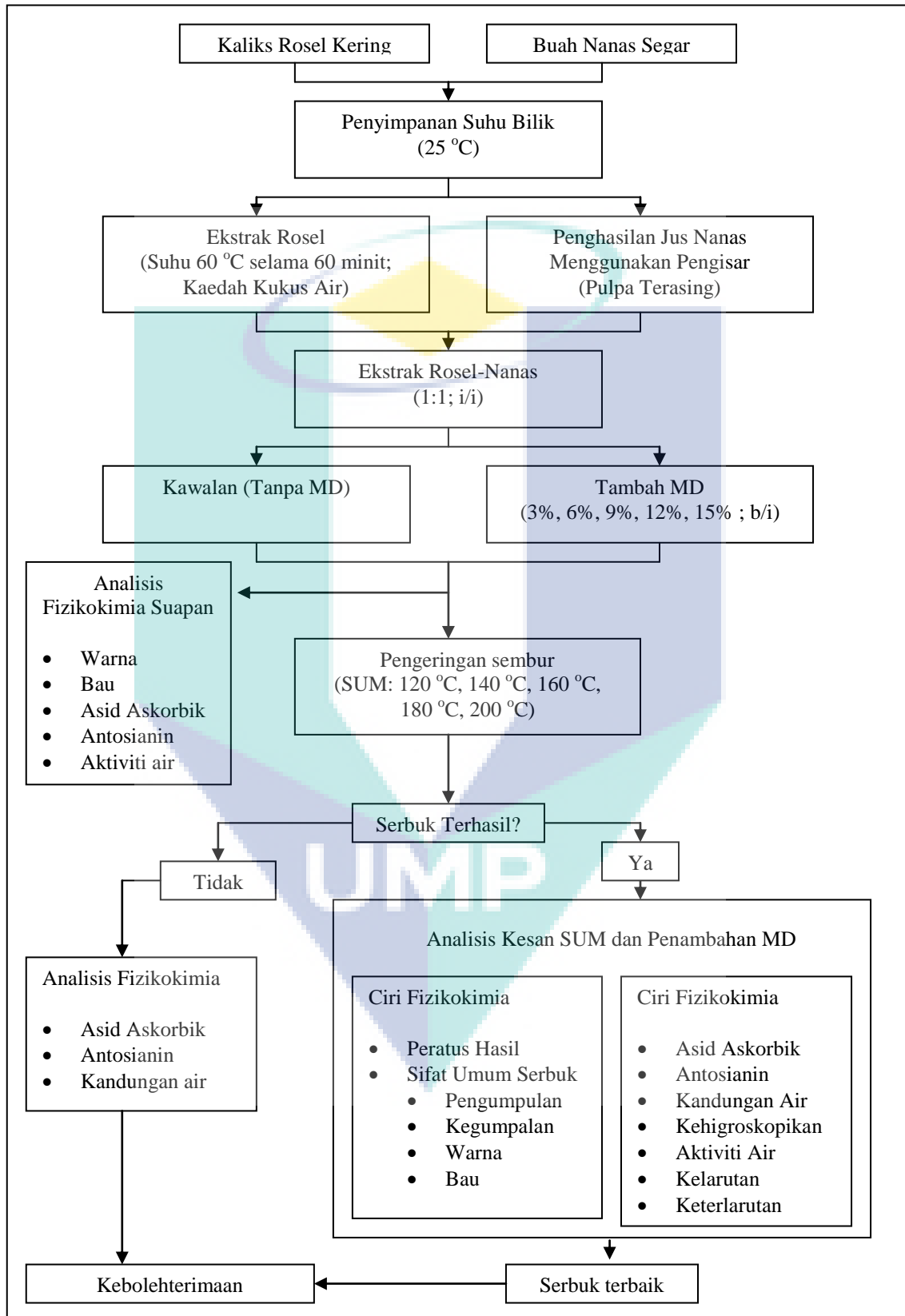
$$\text{Keterlarutan} = \frac{m_o - m_a}{m_o} \times 100 \% \quad [3.4]$$

Petunjuk

m_o : berat asal serbuk (15 gram)

m_a : berat serbuk yang melekat pada pengayak.

Carta alir prosedur ujikaji kajian ini diringkaskan seperti Rajah 3.5 di bawah.

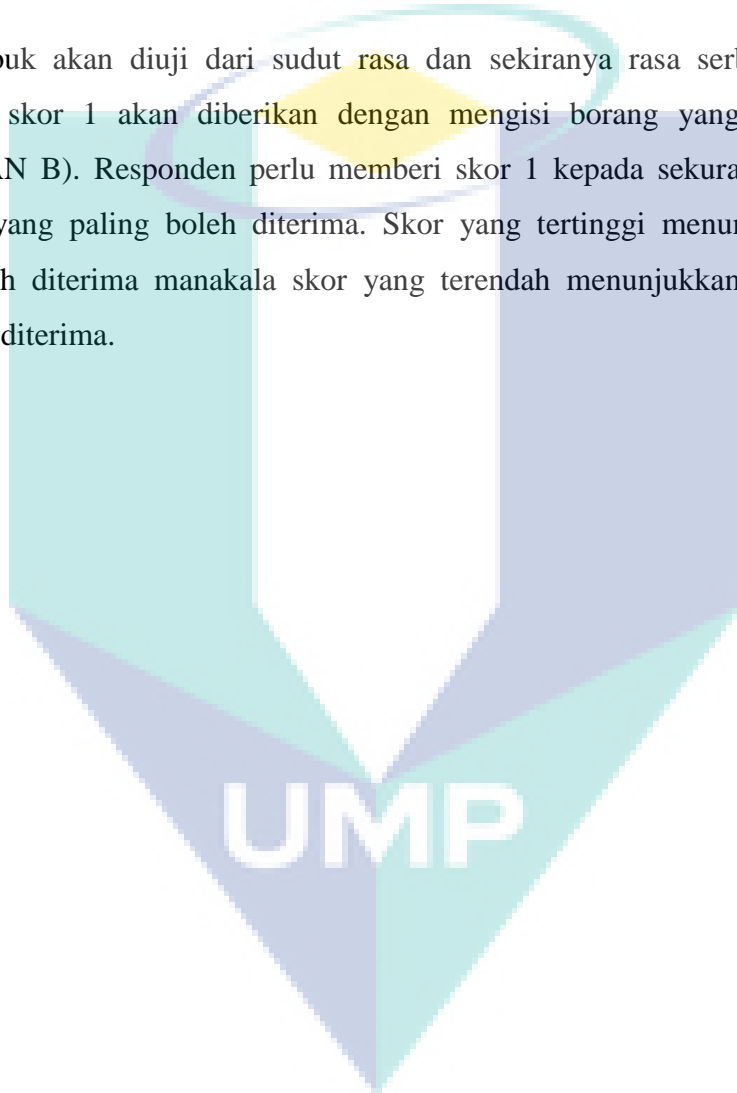


Rajah 3.5: Prosedur ujikaji yang dijalankan

3.19 UJIAN PENERIMAAN

Ujian penerimaan ringkas dijalankan bagi mengkaji penerimaan terhadap serbuk pada perlakuan SUM 160°C dan 180°C. Ujian penerimaan dijalankan ke atas 100 responden yang dipilih secara rawak. Setiap sampel disediakan dengan melarutkan 3 gram serbuk ke dalam 50 ml air dan dimaniskan sedikit dengan 1 gram gula.

Serbuk akan diuji dari sudut rasa dan sekiranya rasa serbuk diterima oleh responden, skor 1 akan diberikan dengan mengisi borang yang telah disediakan (LAMPIRAN B). Responden perlu memberi skor 1 kepada sekurang-kurangnya dua perlakuan yang paling boleh diterima. Skor yang tertinggi menunjukkan perlakuan paling boleh diterima manakala skor yang terendah menunjukkan perlakuan paling tidak boleh diterima.



BAB 4

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

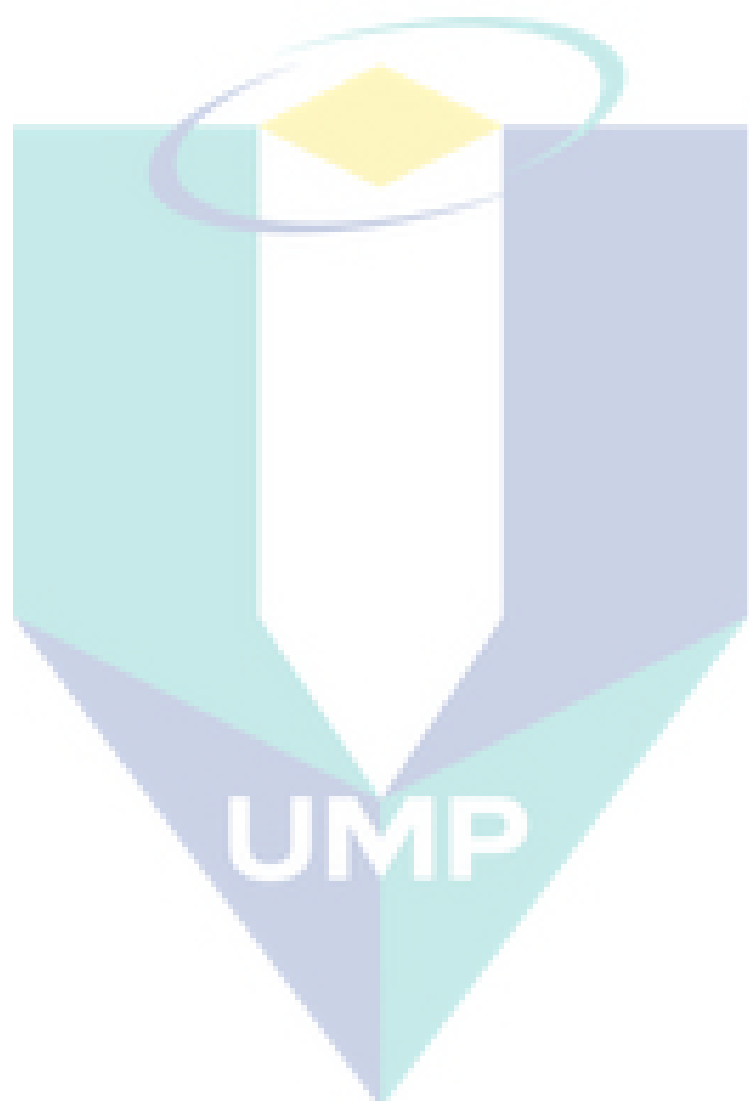
4.1 PENGENALAN

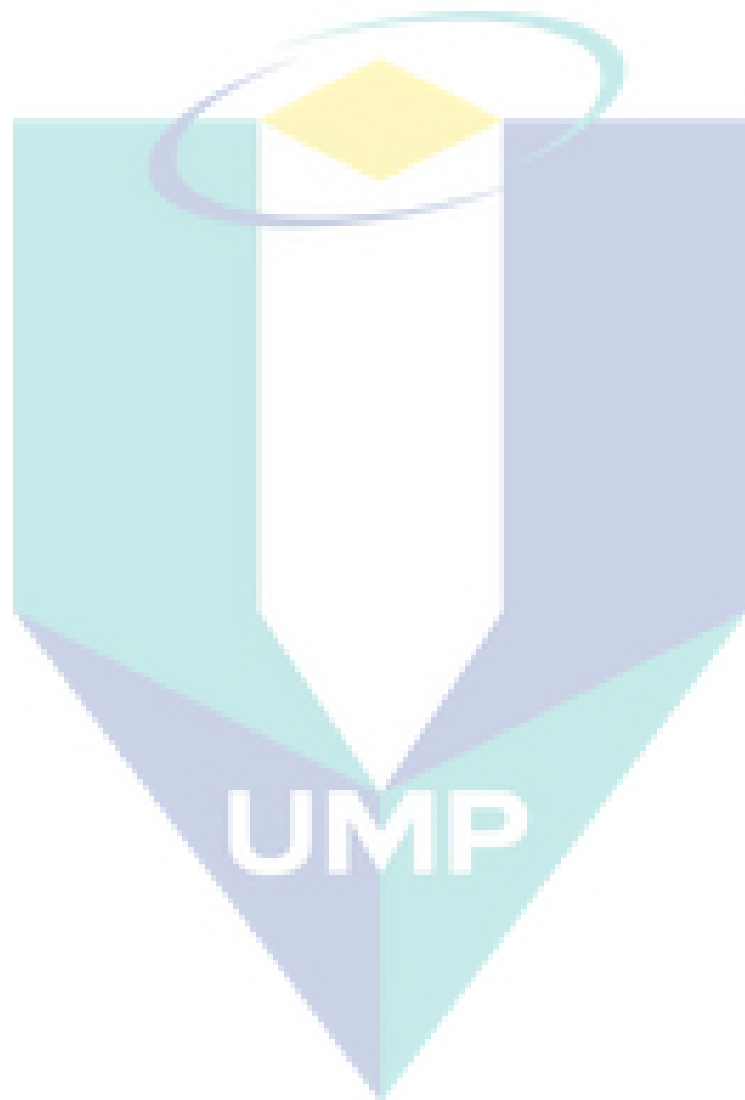
Keputusan kajian yang melibatkan tiga objektif utama kajian dibincangkan dengan lebih lanjut dalam bab ini. Bahagian pertama perbincangan adalah berkenaan pengekstrakan rosel-nanas dan analisis ciri-ciri fizikokimia suapan. Seterusnya, pada bahagian kedua, perbincangan adalah berkenaan kesan perbezaan SUM alat pengering sembur dan agen pengkapsul iaitu MD terhadap hasil dan ciri-ciri fizikokimia serbuk rosel-nanas. Bahagian ketiga bab ini membincangkan kebolehterimaan serbuk rosel-nanas secara uji rasa bagi mengenalpasti tahap penerimaan pengguna terhadap serbuk yang dihasilkan.

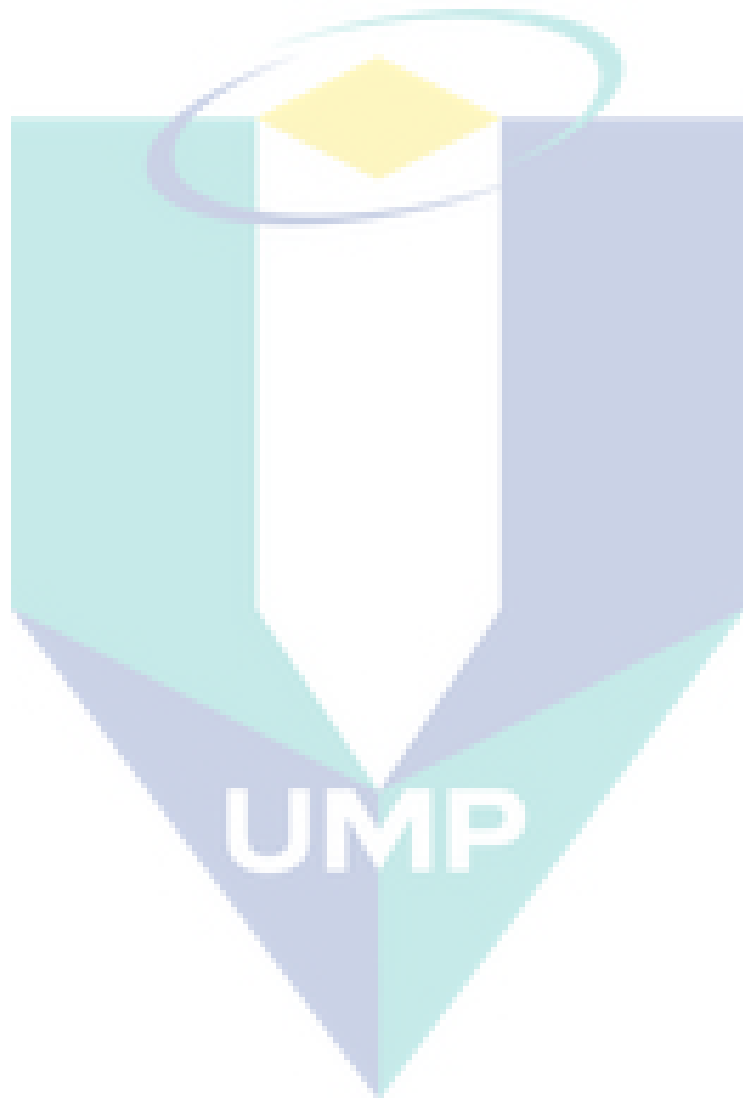
4.2 EKSTRAK ROSEL-NANAS

Pengekstrakan rosel-nanas dilakukan dengan mengekstrak rosel dan nanas secara berasingan. Kaliks rosel kering dan buah nanas segar digunakan bagi menghasilkan ekstrak rosel-nanas.

Bagi mengekstrak rosel, nisbah kaliks rosel kering kepada air, 1:10 dipilih kerana mempunyai nilai antosianin yang tinggi serta mempunyai warna yang pekat berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Sirichote et al. (2008). Menurut Sirichote et al. (2008), kandungan air yang banyak bagi pengekstrakan kaliks rosel kering akan menghasilkan ekstrak yang berwarna pekat (b^*/a^* : 0.2375 bagi 1:10; 0.2143 bagi 1:5) dan mempunyai kandungan antosianin yang tinggi (445.02 ± 1.54 bagi 1:10; 400.67 ± 0.82 bagi 1:5).







Keputusan penuh aspek warna dan jumlah antosianin ujikaji Sirichote et al. (2008) ditunjukkan dalam Jadual 4.1. Ujikaji tersebut menggunakan kaliks rosol kering kultivar Sudan yang diekstrak pada nisbah kaliks kepada air 1:5 (b/i) dan 1:10 (b/i) pada suhu 60 °C selama 60 minit dengan kaedah kukus air.

Jadual 4.1: Ciri-ciri ekstrak kaliks rosol kering pada kepekatan berbeza

Ciri-ciri ekstrak	Nisbah kaliks rosol kering kepada air (g: ml)	
	1:5	1:10
L^*	0.03 ± 0.02	0.75 ± 0.16
a^*	0.28 ± 0.09	5.22 ± 1.16
b^*	0.06 ± 0.04	1.24 ± 0.27
Jumlah antosianin (mg/100g)	400.67 ± 0.82	445.02 ± 1.54

Ekstrak nanas pula disediakan dengan mengisar buah nanas yang telah dikupas dan dibuang empulur dengan instrumen pengisar yang mengasingkan ekstrak dan pulpa nanas. Pulpa nanas dibuang manakala ekstrak nanas terhasil berwarna kuning dikumpul bagi ujikaji selanjutnya. Kajian yang dilakukan oleh Jittanit et al. (2010) turut melaporkan bahawa ekstrak nanas dalam ujikaji mereka berwarna kuning dengan bacaan purata L^* , a^* dan b^* iaitu 61.3, 3.3 dan 18.8 ($b^*/a^* = 0.0538$) masing-masing.

Kedua-dua ekstrak ini kemudiannya dicampur dengan nisbah yang sama (1:1; i/i) bagi menghasilkan ekstrak rosol-nanas.

4.3 ANALISIS FIZIKOKIMIA SUAPAN

Suapan disediakan sejurus sebelum menjalankan proses pengeringan sembur. Suapan disediakan dengan menambahkan MD (3% – 15%; b/i) kepada ekstrak rosol-nanas. Penambahan MD ini adalah prosedur lazim bagi menjalankan proses pengeringan sembur.

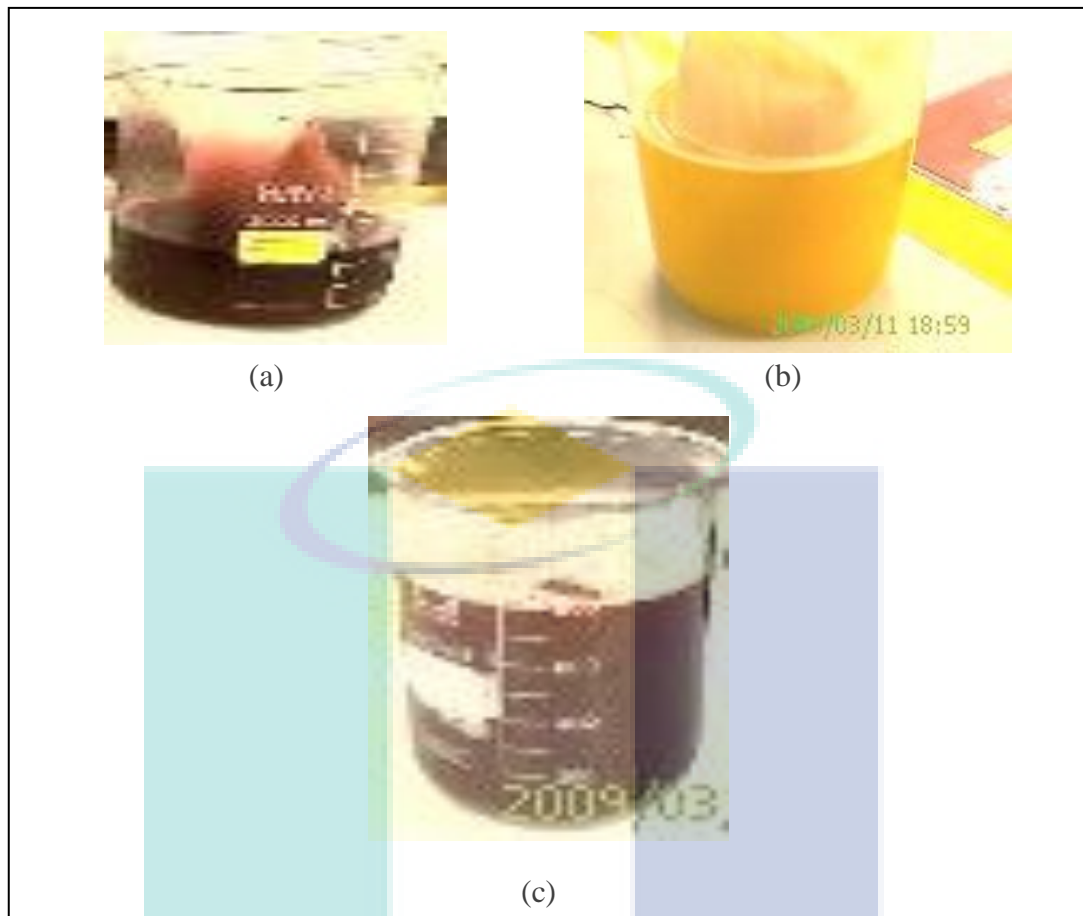
Setelah itu, ciri-ciri fizikokimia suapan dianalisis bagi menentukan warna, bau dan kandungan utama suapan. Dari segi warna, ekstrak rosol menghasilkan warna merah pekat manakala jus nanas berwarna kuning menghasilkan suapan berwarna merah pekat seperti Rajah 4.2. Dari sudut bau, suapan mempunyai bau kemasaman nanas dan bau rosol yang sederhana.

Analisis penentuan kandungan melibatkan kandungan asid askorbik, antosianin dan aktiviti air dijalankan ke atas suapan bagi mendapatkan bacaan merupakan asas kepada penilaian lanjutan kajian (Jadual 4.1). Bacaan purata asid askorbik suapan adalah 143.30 ± 0.87 mg/100 g. Bacaan purata kandungan antosianin suapan pula adalah 2.76 ± 0.12 g/100 g.

Bagi aktiviti air, bacaan puratanya adalah 0.97 ± 0.06 . Menurut Tressler dan Joslyn (1971) dan Heldman dan Hartel (1997), nilai aktiviti air bagi ekstrak buahan-buahan adalah kurang daripada 1.0. Nilai aktiviti air bergantung kepada kandungan lembapan makanan, jenis makanan dan ciri-ciri fizikal makanan tersebut (Rosnah, 2008). Pengukuran aktiviti air merupakan subjek utama dalam kajian pemrosesan makanan kerana mempunyai implikasi terhadap ketahanan produk. Bacaan aktiviti air yang tinggi bagi ekstrak rosol-nanas menyebabkan ekstrak mudah untuk rosak. Oleh itu, ekstrak dikering sembur bagi mengatasi hal ini.

Jadual 4.2: Ciri-ciri fizikokimia suapan

Aspek	Analisis
Pemerhatian Umum	
Warna	Merah pekat
Bau	Bau kemasaman nanas dan bau rosol yang sederhana
Kandungan Suapan	
Asid askorbik	143.30 ± 0.87 mg/100 g
Antosianin	2.76 ± 0.12 g/100 g
Aktiviti air	0.97 ± 0.06



Rajah 4.1: Warna asal: (a) ekstrak rosel, (b) ekstrak nanas dan (c) suapan

4.4 ANALISIS FIZIKOKIMIA SERBUK

Penghasilan serbuk rosel-nanas dalam kajian ini menggunakan teknik pengeringan sembur. Oleh itu, instrumen pengering sembur skala makmal (LabPlant SD-06, United Kingdom) telah digunakan. Sebelum proses pengeringan sembur dijalankan, pengering sembur dioptimumkan secara ringkas sebagai langkah awalan untuk menentukan parameter pengeringan yang sesuai untuk menghasilkan serbuk yang memuaskan.

Parameter SUM dan peratus MD adalah pembolehubah-pembolehubah yang dikaji. Berdasarkan kajian terdahulu, suhu udara keluar kajian ini ditetapkan pada 80 °C dan kadar pengatoman ditetapkan pada 25000 rpm (Jadual 4.3).

Jadual 4.3: Pemalar dan pembolehubah pengeringan sembur

Aspek	Nilai
Penetapan	
Suhu udara keluar	80 °C
Kadar pengatoman	25000 rpm
Pembolehubah	
SUM	120 °C – 200 °C
Jumlah Perlakuan	30

Proses pengeringan sembur mengambil masa selama 20-30 minit bagi setiap perlakuan. Peratus penghasilan serbuk dikira dan pemerhatian dicatatkan bagi ciri-ciri umum serbuk.

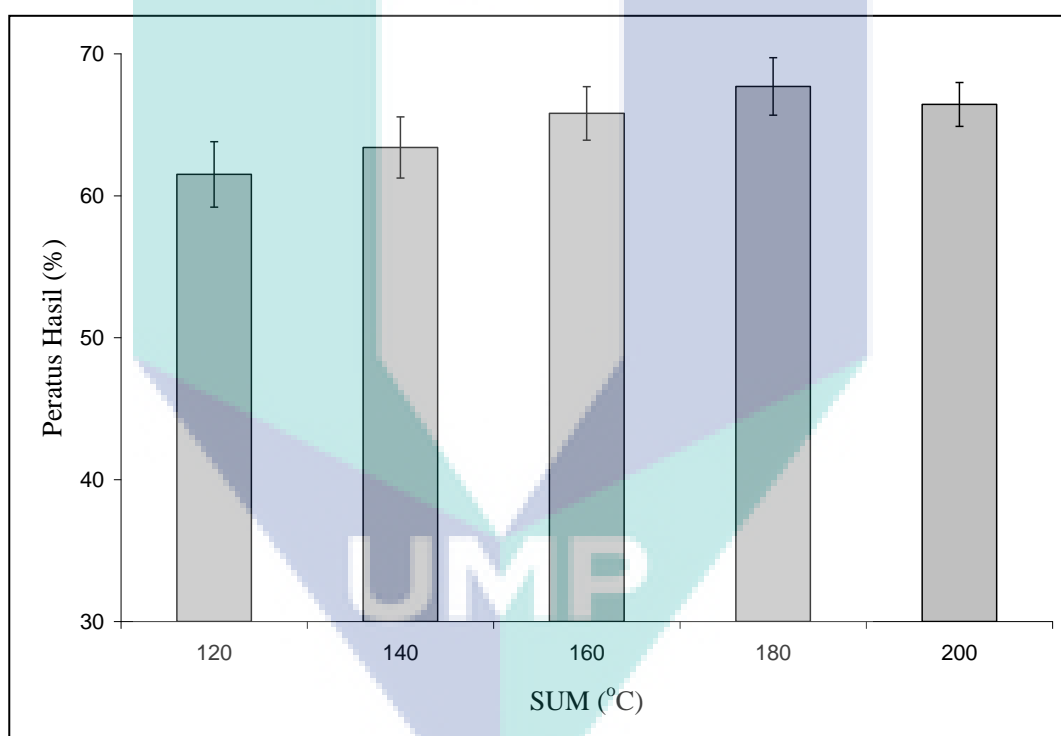
Sejurus selepas pengeringan sembur, pencirian umum serbuk dan analisis fizikokimia lain bagi serbuk rosol-nanas dilakukan. Analisis-analisis yang dijalankan adalah peratus hasil, ciri-ciri umum, penentuan kandungan asid askorbik, kandungan antosianin, kelembapan, kehidroskopikan, aktiviti air serta ujian kelarutan dan keterlarutan. Ciri-ciri fizikokimia serbuk dianalisis dari sudut kesan SUM dan peratus penambahan MD. Analisis fizikokimia yang terpilih diujikaji kerana ia penting dari sudut kepenggunaan dan jangka hayat serbuk. Selain itu, ciri-ciri fizikokimia yang baik memberi nilai positif terhadap kualiti serbuk. Bacaan-bacaan yang dicatatkan adalah bacaan purata setiap ujikaji ulangan.

4.4.1 Peratus Hasil

Peratus hasil serbuk dikira berdasarkan jumlah serbuk yang terkumpul dalam balang pengumpul. Peratus hasil serbuk adalah di antara $42.3 \pm 2.78\%$ dan $67.7 \pm 2.02\%$. Ini menunjukkan peratus hasil serbuk adalah dalam julat sederhana hingga tinggi. Nilai peratus hasil yang baik ini adalah relatif dengan parameter SUM dan peratus MD yang ditambah ke dalam suapan.

(a) **Kesan SUM**

Rajah 4.2 menunjukkan peratus hasil bagi serbuk yang terhasil dengan SUM yang berbeza bagi perlakuan 12% MD. Perlakuan dengan 12% MD memberikan bacaan peratus hasil yang paling baik dengan bacaan paling tinggi didapati pada SUM 180 °C ($67.70 \pm 2.02\%$) manakala bacaan peratus hasil yang paling rendah adalah pada SUM 120 °C ($61.50 \pm 2.31\%$). Namun demikian, terdapat penurunan peratus hasil pada SUM 200 °C ($66.43 \pm 1.54\%$). Pola graf yang sama didapati bagi semua perlakuan MD iaitu berlaku peningkatan bermula daripada SUM 120 °C – 180 °C; kemudian berlaku penurunan pada SUM 200 °C.



Rajah 4.2: Peratus hasil bagi perlakuan SUM 120 °C – 140 °C pada 12% MD

Bagi menjelaskan keputusan ini, pada SUM 120 °C dan 140 °C, haba yang dibekalkan adalah tidak mencukupi untuk mengeringkan serbuk sepenuhnya (Cai dan Corke, 2000). Maka, serbuk yang terhasil tidak dapat kering sepenuhnya, bersifat semi-basah dan terlalu melekat pada dinding ruang pengeringan. Oleh itu, peratus pengumpulan serbuk menurun. Goula dan Adamopoulos (2005) dalam kajian mereka menghasilkan serbuk tomato (suapan mengandungi 14% kandungan pepejal larut) tanpa tambahan agen pengkapsul (0% MD) dengan alat pengering sembur piawai dan terubahsuai pada SUM 110 °C – 140 °C. Keputusan kajian tersebut menunjukkan bahawa kedua-dua alat pengering sembur (piawai dan terubahsuai) mencatatkan pola pengumpulan serbuk yang meningkat serta penurunan kandungan kelembapan dengan peningkatan SUM. Goula dan Adamopoulos (2005) mencadangkan bahawa perbezaan antara SUM dan suhu suapan yang semakin kecil akan menyebabkan pengaliran haba yang lebih perlahan kepada partikel dan menyebabkan pengeringan tidak berlaku dengan optimum.

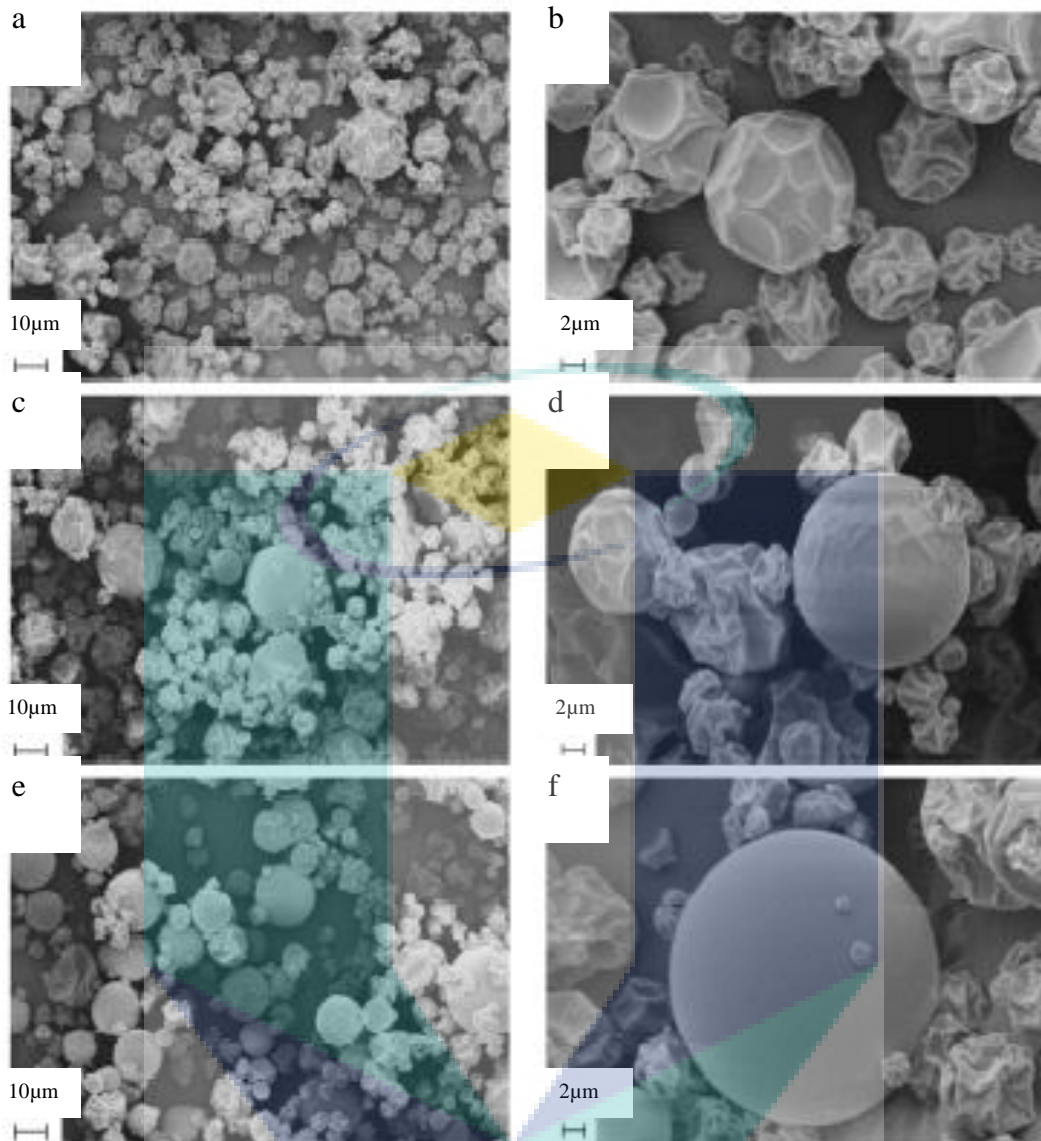
Manakala, pada SUM yang lebih tinggi iaitu 160 °C dan 180 °C, serbuk yang terkumpul adalah lebih banyak. Ini kerana, menurut Goula dan Adamopoulos (2005) semakin tinggi SUM, kadar pengeringan akan meningkat dan haba yang dibekalkan adalah semakin tinggi. Oleh itu, serbuk kering sepenuhnya dan kurang melekat pada ruang pengeringan terhasil. Keputusan yang serupa dicatatkan oleh Wipavadee et al. (2008) bahawa peningkatan SUM menyebabkan peratus hasil meningkat (SUM; Peratus hasil = 130 °C; 60.9 ± 1.72%, 150 °C; 74.15 ± 2.45%; 170 °C; 79.64 ± 0.61%) dalam kajian mereka berkenaan pengeringan sembur buah oren dengan penambahan 30% MD (b/b) pada kadar aliran suapan 15 liter/jam.

Goula dan Adamopoulos (2005) mendeduksikan dapatan ujikaji mereka dengan pemodelan matematik yang mengaitkan pembolehubah SUM, kadar pengaliran pengeringan (Q_a) dan kadar pengaliran udara mampat (Q_c) seperti persamaan [4.1] di bawah:

$$\begin{aligned} \text{Kelembapan} = & 124 - 1.86 (\text{SUM}) + 0.681 (Q_a) + 0.00115 (Q_c) + \\ & 0.00692 (\text{SUM}^2) - 0.00735 Q_a^2 - 0.000003 Q_c^2 - \\ & 0.00213 (\text{SUM})(Q_a) \end{aligned} \quad [4.1]$$

Keputusan yang sama turut dilaporkan oleh Tonon et al. (2008) dalam kajian pengeringan sembur serbuk buah acai yang mengkaji kesan perbezaan SUM ke atas penghasilan serbuk. Tonon et al. (2008) mencadangkan mikrograf seperti Rajah 4.3 yang merupakan morfologi dalam bentuk sfera dengan saiz yang pelbagai pada SUM berbeza. Pada suhu yang rendah (Rajah 4.3 (b); SUM 138 °C), partikel serbuk mempunyai permukaan yang berkedut kesan kebasahan yang tinggi manakala dengan peningkatan SUM (Rajah 4.3 (d); SUM 170 °C dan Rajah 4.3 (f); SUM 202 °C) kebanyakan partikel mempunyai permukaan yang rata. Ini kerana, pada SUM 170 °C dan 202 °C, penyingkiran partikel air semasa pemanasan adalah dengan kadar cepat seterusnya membentuk permukaan (kerak) partikel serbuk yang keras dan rata. Semasa serbuk menyejuk (sebelum pengumpulan), kerak tersebut akan kekal sedemikian menghasilkan partikel serbuk yang kering menyebabkan serbuk mudah dikumpul serta meningkatkan peratus hasil (Phisut, 2012).

Namun demikian, pada SUM 200 °C kajian ini, didapati peratus hasil menurun berbanding pada SUM 180 °C ($66.43 \pm 1.54\%$ berbanding $67.70 \pm 2.02\%$). Berdasarkan pemerhatian, serbuk melekat pada ruang pengeringan dan bersifat melekit. Keputusan yang sama dilaporkan oleh Jittanit et al. (2010) dalam kajian pengeringan sembur nanas dengan 20% MD (b/b) pada SUM 130 °C (75.9%), SUM 150 °C (81.3%) dan SUM 170 °C (73.2%). Bagi menerangkan keputusan ini, Chengini dan Ghobadian (2007) mencadangkan bahawa pada SUM yang sangat tinggi, serbuk yang telah kering akan kembali mencair dan bersifat melekit. Maka, serbuk akan melekat pada dinding ruang pengeringan dan menurunkan peratus penghasilan serbuk. Namun demikian, SUM yang optimum adalah bersifat spesifik bagi setiap pengeringan bergantung kepada jenis dan kandungan suapan (Jittanit et al., 2010).

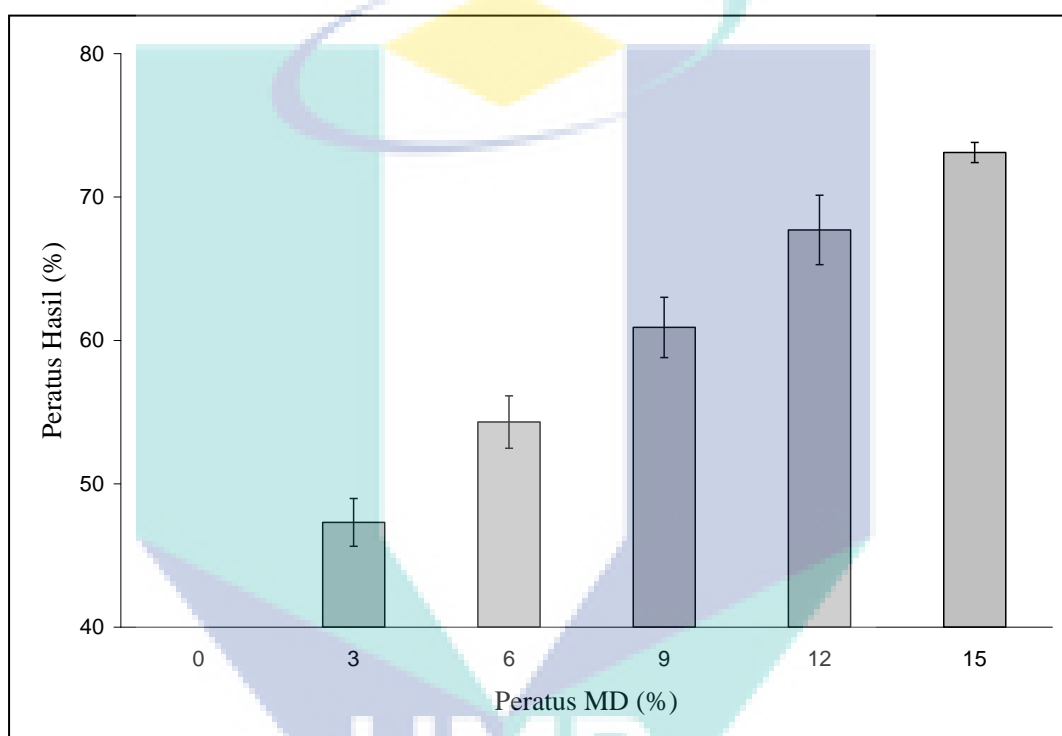


Rajah 4.3: Mikrograf partikel serbuk buah acai pada SUM dan faktor pembesaran berbeza (a) 138 °C, 2000 x; (b) 138 °C, 7000 x; (c) 170 °C, 2000 x; (d) 170 °C, 7000 x; (e) 202 °C, 2000 x; (f) 202 °C, 7000 x

Sumber: Tonon et al. (2008)

(b) Kesan Penambahan MD

Rajah 4.4 menunjukkan peratus hasil bagi serbuk yang terhasil dengan suapan MD (0% – 15%) pada SUM 180 °C. Perlakuan SUM 180 °C memberikan bacaan peratus hasil yang terbaik dengan peratus hasil tertinggi adalah pada 15% MD ($73.10 \pm 0.71\%$) dan peratus hasil terendah adalah bagi perlakuan kawalan iaitu pada 0% MD (0%).



Rajah 4.4: Peratus hasil bagi perlakuan MD (0% – 15%) pad SUM 180 °C

Bagi perlakuan kawalan, tiada serbuk yang terhasil dan suapan yang melalui pengering sembur terkumpul dalam siklon dalam bentuk cecair. Keputusan yang sama dilaporkan oleh Quek et al. (2007) dalam kajian pengeringan sembur ekstrak tembikai pada SUM 165 °C dengan kepekatan 0%, 3% dan 5% MD DE 9. Pada 0% MD tiada serbuk terhasil berbanding dengan perlakuan 3% dan 5% MD. Quek et al. (2007) mengesahkan bahawa MD dengan nilai DE yang rendah (8 hingga 12) mempunyai kapasiti pengikatan nutrien yang tinggi dan merupakan agen enkapsulasi yang baik bagi gula berberat molekul rendah seperti fruktosa dan asid organik. Chegini dan Ghobadian (2007) turut melaporkan dalam kajian pengeringan sembur ekstrak oren bahawa tanpa

MD, tiada serbuk yang terhasil berbanding serbuk sebanyak 65% – 82% terhasil pada SUM 130 °C – 150 °C. Sekiranya ujikaji diteruskan, akan terbentuk satu lapis filem lutsinar pada balang pengumpul. Kajian juga membuktikan masih tidak terdapat sebarang serbuk terhasil walaupun SUM ditingkatkan sekiranya tiada MD ditambah ke dalam suapan (Chegini dan Ghobadian, 2007).

Bagi menerangkan mengapa tiada serbuk terhasil bagi perlakuan kawalan, terdapat dua penjelasan yang telah dikemukakan oleh kajian-kajian terdahulu. Penjelasan yang pertama adalah berkaitan dengan kandungan pepejal larut dalam suapan seperti yang dilaporkan oleh Chengini dan Ghobadian (2007). Mereka mencadangkan bahawa penambahan agen pengkapsul seperti MD akan meningkatkan kandungan pepejal larut suapan. Oleh itu, suapan yang mempunyai kandungan pepejal larut yang tinggi tersebut berupaya menghasilkan serbuk. Manakala, tanpa penambahan MD, kandungan pepejal larut suapan adalah rendah dan tidak berupaya menyerbuk semasa pengeringan sembur.

Penjelasan kedua adalah berkenaan dengan kondisi suapan dari sudut kelekitan seperti yang dilaporkan oleh Howes et al. (2004). Mereka membuat pengelasan bahan yang hendak dikering sembur kepada dua kelas utama. Pertama, ia merujuk kepada bahan yang tidak melekit seperti susu skim dan protein. Bahan yang tidak melekit ini boleh menjalani pengeringan sembur tanpa kehadiran MD dan berupaya menghasilkan serbuk. Kedua, ia merujuk kepada bahan yang melekit seperti larutan gula, jus buah-buahan dan madu (Adhikari et al., 2009). Bahan yang melekit ini adalah sukar untuk menjalani proses pengeringan sembur tanpa kehadiran MD. Walaupun sedikit serbuk terhasil, namun ia terlalu melekit dan melekat pada siklon, ruang atap dan ruang pengeringan (Langrish, 2007). Maka, serbuk tidak dapat dikumpulkan selepas pengeringan sembur selesai.

Keputusan kajian ini menunjukkan peratus hasil berada di peringkat sederhana bagi perlakuan yang ditambah 3% dan 6% MD iaitu secara puratanya berada dalam lingkungan 40% sehingga 60%. Manakala, bagi perlakuan yang ditambah 9% MD, 12% MD dan 15% MD, peratus hasil adalah baik iaitu melebihi 60%. Oleh itu, keputusan yang baik bagi suapan yang ditambah peratus MD yang tinggi adalah kerana semakin tinggi peratus MD yang ditambah ke dalam suapan menyebabkan serbuk yang terhasil adalah kurang melekat pada dinding ruang pengeringan dan seterusnya meningkatkan pengumpulan serbuk *selain* mempunyai struktur yang baik (Tze et al., 2012).

4.4.2 Ciri-ciri Umum

Ciri-ciri umum serbuk diperhatikan dari aspek warna, pengumpulan serbuk, kegumpalan (kehalusan) dan bau. Atribut-atribut ini merupakan perkara penting yang menjadi asas penentuan kualiti dan penerimaan serbuk.

(a) Kesan SUM

Jadual 4.4 menunjukkan pemerhatian bagi serbuk yang terhasil bagi proses pengeringan ekstrak dengan 12% MD pada SUM yang berbeza. Pola yang serupa dicatatkan bagi perlakuan-perlakuan MD yang lain.

Terdapat beberapa persamaan ciri serbuk yang terhasil dan beberapa perbezaan yang signifikan. Antaranya, warna serbuk yang terhasil adalah serupa bagi semua perlakuan SUM kerana peratus MD yang ditambah adalah sama iaitu 12% MD.

Jadual 4.4: Pemerhatian umum serbuk bagi suapan 12% MD

SUM	Pemerhatian
120 °C	Warna merah cerah, melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik terhasil, bau yang baik.
140 °C	Warna merah cerah, melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik terhasil, bau yang baik.
160 °C	Warna merah cerah, kurang melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik terhasil, bau yang baik.
180 °C	Warna merah cerah, kurang melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik terhasil, bau yang baik.
200 °C	Warna merah cerah, sedikit melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang kasar terhasil, berbau sedikit tengik dan hangat.

Dari aspek pengumpulan, seperti yang telah dibincangkan dalam bahagian 4.4.1, serbuk semakin kurang kecenderungan untuk melekat pada dinding ruang pengeringan pada keadaan SUM yang semakin meningkat. Serbuk sedikit melekat dan melekit pada SUM 200 °C. Ini kerana, menurut Goula dan Adamopoulos (2005) semakin tinggi SUM, haba yang dibekalkan adalah semakin tinggi dan serbuk kurang melekat pada ruang pengeringan akan terhasil. Pada SUM 200 °C pula, serbuk akan kembali mencair dan bersifat melekit.

Dari aspek kehalusan serbuk, serbuk yang baik (*fine powder*) merujuk kepada serbuk yang halus. Kehalusan merupakan sifat yang utama yang seharusnya ada pada serbuk. Serbuk yang baik terhasil bagi semua SUM kecuali pada SUM 200 °C. Reineccius (2001) mencadangkan SUM yang tinggi meningkatkan kadar pengeringan dan menyebabkan partikel serbuk terhasil dengan terlalu cepat lalu menyebabkan permukaan partikel serbuk mengeras dengan mudah. Permukaan partikel yang keras ini menghalang lembapan keluar daripada partikel tersebut dan menghalang partikel untuk mengecut maka terhasillah serbuk yang bersaiz besar. Keputusan yang sama dicatatkan oleh Chengini dan Ghobadian (2005) dan Nijdam dan Langrish (2006).

Dari aspek bau, serbuk pada SUM 120 °C sehingga 180 °C menghasilkan bau yang baik. Keputusan yang sama dicatatkan oleh Srzednicki et al. (2009) yang melaporkan serbuk Indian gooseberry yang dihasilkan melalui kajiannya (pada SUM 120 °C dan 140 °C) menghasilkan bau yang baik. Walaubagaimanapun, bau bagi serbuk pada 200 °C adalah sedikit tengik dan hangit. Ketengikan serbuk disebabkan suapan melalui suhu yang terlalu tinggi semasa pengeringan sembur seterusnya menyebabkan partikel-partikel dibekalkan haba yang tinggi yang berupaya memusnahkan bau asal suapan.

(b) Kesan Penambahan MD

Jadual 4.5 menunjukkan pemerhatian bagi sifat serbuk yang terhasil bagi proses pengeringan bagi suapan ditambah MD pada SUM 180 °C. Pola yang serupa dicatatkan bagi perlakuan-perlakuan SUM yang lain.

Jadual 4.5: Pemerhatian umum serbuk bagi suapan dengan MD pada SUM 180 °C

Peratus MD	Pemerhatian
0%	Tiada serbuk yang terhasil.
3%	Warna merah pekat, serbuk melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang berketul-ketul terhasil, bau yang baik.
6%	Warna merah pekat, serbuk melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang berketul-ketul terhasil, bau yang baik.
9%	Warna merah pekat, melekat sedikit pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik terhasil, bau yang baik.
12%	Warna merah pekat, kurang melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik dan halus terhasil, bau yang baik.
15%	Warna merah, kurang melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik dan halus terhasil, kurang berbau.

Berdasarkan pemerhatian tersebut, dari aspek warna, didapati warna serbuk yang terhasil adalah merah pekat bagi perlakuan antara 3% sehingga 12% MD. Bagi 15% MD pula serbuk yang terhasil adalah bewarna merah. Ini adalah kerana peratus MD yang digunakan adalah tinggi iaitu 15% yang memberi kesan kepada kepuatan warna merah pekat suapan asal (Jadual 4.5). Pemerhatian yang sama diperoleh oleh Wipavadee et al. (2008) melalui kajian pengeringan sembur jus oren. Jus oren yang ditambah MD yang tinggi akan memberikan pemerhatian warna yang cerah manakala jus oren dengan MD yang rendah akan memberikan pemerhatian warna yang pekat.

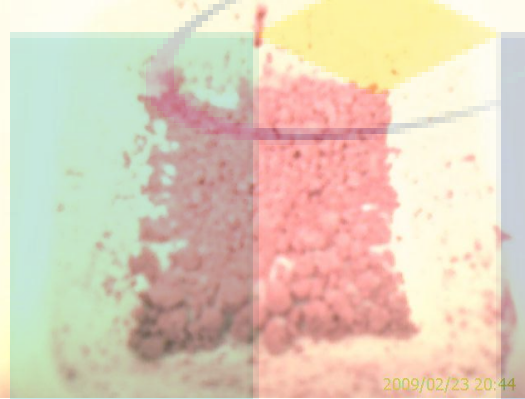

Dari aspek pengumpulan, serbuk dengan 12% MD dan 15% MD adalah paling kurang melekat pada dinding ruang pengeringan. Ini kerana, MD mengepung bahan utama dan melingkarinya dan menyebabkan serbuk kurang melekit dan melekat pada dinding ruang pengeringan. Oleh itu, peratus MD yang rendah menyebabkan kurang bahan pengepung seterusnya serbuk akan sedikit melekit dan melekat pada dinding ruang pengeringan. Keputusan yang sama dicatatkan oleh Quek et al. (2007) dan kemudiannya mencadangkan bahawa penambahan MD meningkatkan kandungan pepejal larut di dalam suapan dan mengurangkan kelekitan serbuk setelah dikering sembur. Keputusan yang sama dicatatkan oleh Papadakis et al. (1998) dan Shresta et al. (2007) dalam kajian penyemburan kismis dan buah oren.

Dari aspek kehalusan serbuk, penghasilan serbuk berketul-ketul pada 3% dan 6% MD adalah sangat berkaitan dengan sifat melekit serbuk. Ia mudah untuk melekat antara satu sama lain dan menyebabkan serbuk berketul-ketul terhasil. Jadual 4.6 menunjukkan perbezaan dari sudut warna dan kehalusan serbuk hasil penambahan 3% dan 15% MD. Keputusan yang sama dilaporkan oleh Jittanit et al. (2010) yang menghasilkan serbuk yang berketul-ketul bagi serbuk yang ditambah sedikit MD.

Dari aspek bau, semua perlakuan menghasilkan serbuk yang mempunyai bau yang baik iaitu mempunyai bau kemasaman nanas dan bau rosel yang sederhana kecuali pada 15% MD. Menurut Jufri et al. (2004), MD adalah bahan pembawa yang baik yang tidak mempengaruhi bau dan rasa serbuk kajian kerana sifat asal MD adalah tidak berbau dan mempunyai rasa yang lemah. Kehadiran rasa yang lemah ini adalah kesan daripada kehadiran gula penurun yang terkandung di dalam formulasi MD. Pada

15% MD, terlalu banyak MD ditambah ke dalam suapan dan mengubah bau asal suapan. Walaupun begitu, perubahan bau ini adalah tidak ketara dan masih boleh diterima. Keputusan yang sama dicatatkan oleh Jittanit et al. (2010) bahawa bau serbuk nanas dalam kajiannya menurun dengan peningkatan peratus MD ke dalam suapan.

Jadual 4.6: Perbezaan aspek warna dan kehalusan pada 3% dan 15% MD

MD	Foto serbuk	Keterangan
3%		<ol style="list-style-type: none"> 1) Serbuk dengan warna merah pekat terhasil. 2) Serbuk menggumpal dan tidak halus.
15%		<ol style="list-style-type: none"> 1) Serbuk dengan warna merah terhasil. Warna adalah sedikit pucat. 2) Serbuk yang baik dan halus terhasil

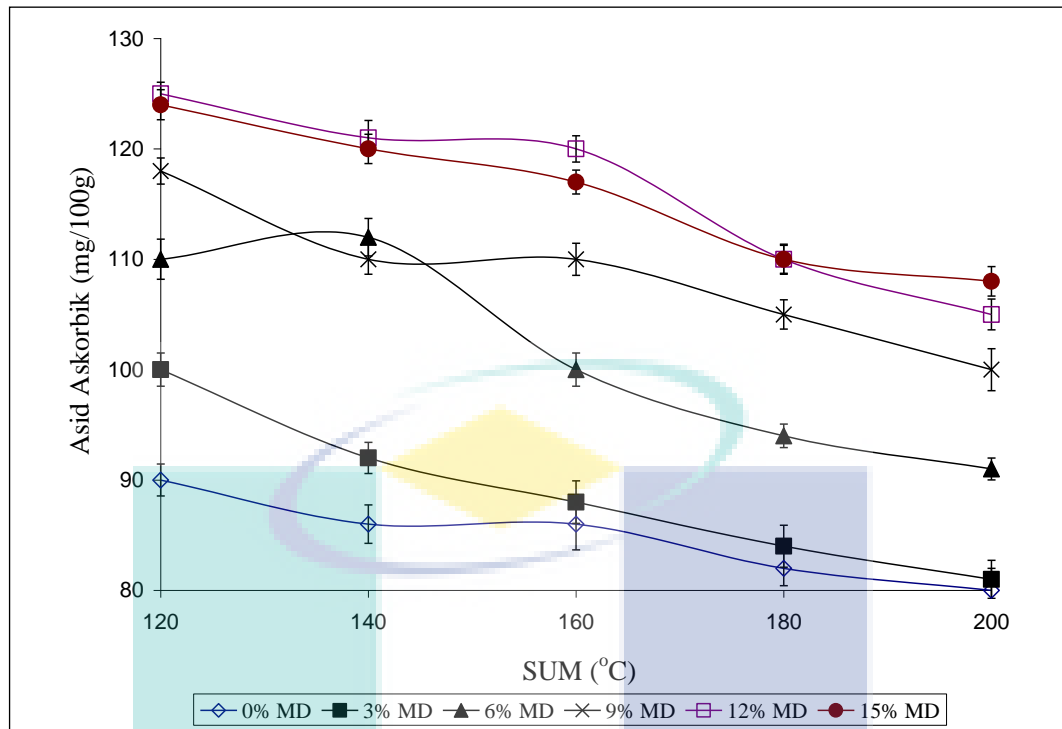
Secara kolektifnya, dapat disimpulkan bahawa SUM 180 °C pada 12% MD mencatatkan peratus penghasilan serbuk yang baik. Selain itu, serbuk yang terhasil pada perlakuan SUM 180 °C; 12% MD juga mempunyai ciri-ciri umum yang baik.

4.4.3 Asid Askorbik

Asid askorbik mengandungi ciri antioksidan yang akan membantu memanjangkan jangka hayat dan kestabilan komponen perisa di dalam serbuk, selain manfaat nutrisinya yang baik. Asid askorbik adalah stabil sebagai serbuk (Shah dan Wilson, 2007), namun amat mudah untuk musnah semasa pengeringan sembur kerana bertindak dengan pantas dengan kehadiran oksigen. Oleh itu, serbuk yang paling baik ialah serbuk yang mengekalkan kandungan asid askorbik yang paling tinggi iaitu paling kurang kehilangan asid askorbik.

(a) Kesan SUM

Rajah 4.5 menunjukkan bacaan nilai asid askorbik yang ditentukan bagi setiap perlakuan serbuk. Pada kepekatan kawalan iaitu 0% MD, tiada serbuk terhasil namun cecair di dalam siklon dikumpul dan kandungan asid askorbiknya ditentukan. Kandungan asid askorbik pada 0% MD adalah 90 ± 1.44 mg/100 g bagi suhu 120°C , 86 ± 1.74 mg/100 g bagi suhu 140°C , 86 ± 2.33 mg/100 g bagi suhu 160°C , 82 ± 1.59 mg/100 g bagi suhu 180°C dan 80 ± 2.00 mg/100 g bagi suhu 200°C . Manakala, pada kepekatan 12% MD, kandungan asid askorbik adalah 125 ± 1.36 mg/100 g bagi suhu 120°C , 121 ± 1.32 mg/100 g bagi suhu 140°C , 120 ± 1.08 mg/100 g bagi suhu 160°C , 110 ± 1.27 mg/100 g bagi suhu 180°C dan 105 ± 1.33 mg/100 g bagi suhu 200°C . Pada kepekatan 15% MD pula, kandungan asid askorbik adalah 124 ± 1.05 mg/100 g bagi suhu 120°C , 120 ± 1.58 mg/100 g bagi suhu 140°C , 117 ± 1.19 mg/100 g bagi suhu 160°C , 110 ± 1.36 mg/100 g bagi suhu 180°C dan 108 ± 1.39 mg/100 g bagi suhu 200°C . Secara umumnya, nilai asid askorbik serbuk berkurangan dengan peningkatan SUM semasa proses pengeringan sembur.



Rajah 4.5: Graf nilai asid askorbik setelah pengeringan sembur pada semua perlakuan SUM 120 °C – 200 °C

Berdasarkan nilai asal asid askorbik bagi ekstrak asal iaitu 143.30 ± 0.87 mg/100 g kaliks, Jadual 4.7 merumuskan peratus penurunan nilai asid askorbik bagi semua perlakuan. Peratus penurunan nilai asid askorbik berbanding ekstrak asal adalah di antara 22.42% sehingga 34.29%.

Jadual 4.7: Peratus penurunan kandungan asid askorbik berbanding nilai purata setiap SUM 120 °C – 200 °C

SUM (°C)	Purata nilai asid askorbik (mg/100 g)	Peratus penurunan (%)
120	111.17	22.42
140	106.83	25.45
160	103.50	27.77
180	97.50	31.96
200	94.17	34.29

Bagi menjelaskan pola penurunan ini, Uckiah et al. (2009) mencadangkan, semasa pengeringan sembur, tenaga yang sangat tinggi dibekalkan (melebihi 100 °C) ke dalam sistem telah menyebabkan kehilangan kandungan asid askorbik. Suhu tinggi menyebabkan peningkatan kadar tindakbalas kimia dan seterusnya akan meningkatkan kadar pengoksidaan asid askorbik. Asid askorbik akan teroksida menjadi asid dehidroaskorbik. Kemudian ia dihidrolisis menjadi 2,3-diketogulonoat dan seterusnya berlaku pengoksidaan dan pempolimeran yang menghasilkan produk lain yang bernutrien dan tidak aktif (Gregory III, 2008).

Nagy dan Smoot (1977) melaporkan bahawa dengan setiap kenaikan suhu sebanyak 10 °C, kebanyakan tindakbalas kimia dan proses berkaitan akan meningkat sebanyak dua hingga empat kali ganda. Dengan penggandaan kadar tindakbalas kimia ini akan menyebabkan semakin banyak asid askorbik yang teroksida dan seterusnya akan mengurangkan kandungan asid askorbik serbuk.

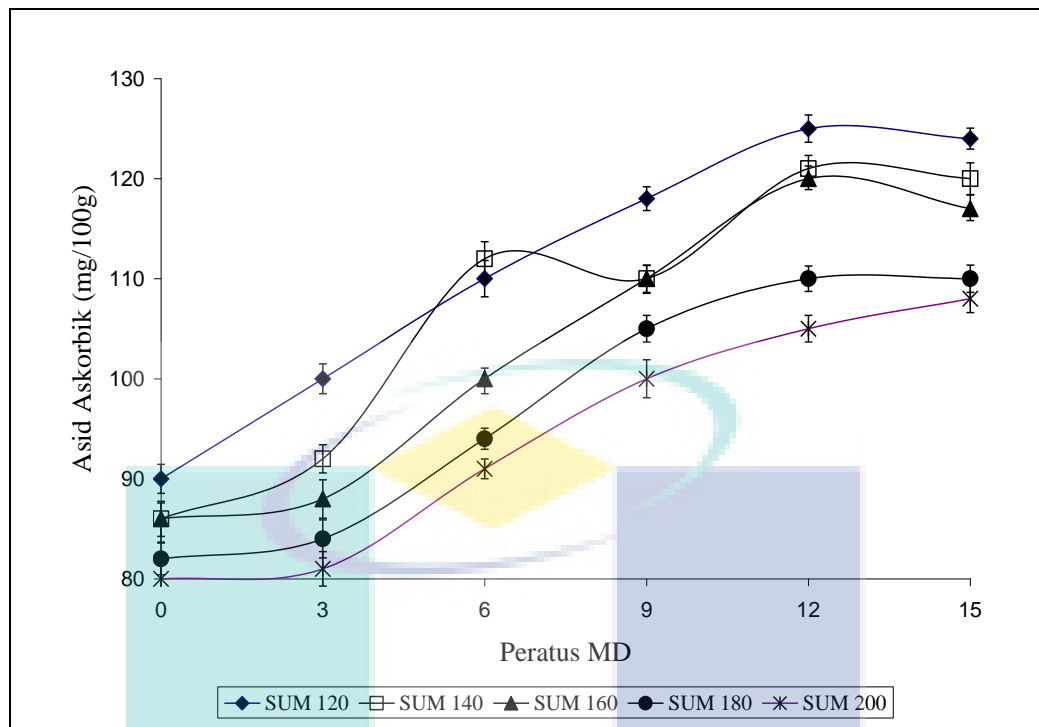
Dalam kajian yang lain, Uckiah et al. (2009) membuat perbandingan peratus kehilangan asid askorbik bagi penyediaan serta penyimpanan sorbet nanas dan jus nanas. Didapati kehilangan asid askorbik semasa penyimpanan sorbet adalah lebih rendah (25.7%) berbanding jus (74.6%) kerana tiada haba dibekalkan semasa penyediaan dan penyimpanan sorbet (suhu penyimpanan: -18 °C); namun haba dibekalkan semasa pempasturan dan penyimpanan jus (suhu pempasturan: 90 °C; suhu penyimpanan: 8 °C). Uckiah et al. (2009) turut mencadangkan bahawa kehilangan 25.7% asid askorbik semasa pemprosesan sorbet adalah kesan perlakuan pra-pembekuan seperti pengisaran dan penapisan. Jelas sekali bahawa peningkatan SUM memberi kesan terhadap asid askorbik dengan mengoksidakan asid askorbik yang terdapat di dalam suapan dan seterusnya mencatatkan penurunan kandungan asid askorbik.

Wipavadee et al. (2008) juga melaporkan keputusan yang sama dalam kajiannya bagi menghasilkan serbuk oren. Beliau melaporkan bahawa kandungan asid askorbik serbuk oren menurun daripada nilai asal ekstrak oren iaitu 19.60 ± 0.25 mg/ 100 ml kepada 8.82 ± 0.34 mg/ 100 ml selepas pengeringan sembur pada SUM 150 °C dengan 25% MD DE 10. Penurunan sebanyak 55% kandungan asid askorbik ini mengukuhkan

dapatan kajian ini berkenaan pengoksidaan asid askorbik pada SUM yang tinggi. Srzednicki et al. (2009) melaporkan penurunan kandungan asid askorbik semasa pengeringan sembur Indian gooseberry pada suhu 140°C berbanding suhu 120 °C dan juga ekstrak asalnya.

(b) Kesan penambahan MD

Rajah 4.6 menunjukkan bacaan nilai asid askorbik bagi setiap perlakuan MD. Bagi SUM 120 °C nilai asid askorbik adalah 90 ± 1.44 mg/100 g kaliks bagi 0% MD, 100 ± 1.50 mg/100 g kaliks bagi 3% MD, 110 ± 1.82 mg/100 g kaliks bagi 6% MD, 118 ± 1.19 mg/100 g kaliks bagi 9% MD, 125 ± 1.36 mg/100 g kaliks bagi 12% MD dan 124 ± 1.05 mg/100 g kaliks bagi 15% MD. Bagi SUM 160 °C, nilai asid askorbik adalah 86 ± 2.33 mg/100 g kaliks, 88 ± 1.93 mg/100 g kaliks, 100 ± 1.50 mg/100 g kaliks, 110 ± 1.45 mg/100 g kaliks, 120 ± 1.08 mg/100 g kaliks dan 117 ± 1.19 mg/100 g kaliks masing-masing bagi 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% MD. Manakala, bagi SUM 180 °C pula, nilai asid askorbik adalah 82 ± 1.59 mg/100 g kaliks, 84 ± 1.90 mg/100 g kaliks, 94 ± 1.06 mg/100 g kaliks, 105 ± 1.33 mg/100 g kaliks, 110 ± 1.27 mg/100 g kaliks dan 110 ± 1.36 mg/100 g kaliks masing-masing bagi 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% MD. Ini menunjukkan berlaku pengurangan kandungan asid askorbik bagi perlakuan yang kurang kepekatan MD. Sebaliknya, bagi perlakuan yang ditambah dengan peratusan MD yang tinggi, pengekal asid askorbik akan meningkat. Pola ini adalah serupa bagi semua perlakuan SUM.



Rajah 4.6: Graf nilai asid askorbik bagi perlakuan kawalan dan 3% – 15% MD setelah pegeringan sembur

Secara puratanya, kehilangan kandungan asid askorbik bagi setiap perlakuan berkurang dengan penambahan MD ke dalam suapan asal. Bagi membincangkan keputusan ini, perbandingan perlakuan kawalan (0% MD) dengan perlakuan-perlakuan lain dilakukan. Secara purata, pengekal nilai asid askorbik perlakuan kawalan adalah 59.18% dan peratus pengekal ini adalah lebih rendah jika dibandingkan dengan perlakuan lain (3% MD = 62.11%; 6% MD = 70.76%; 9% MD = 75.79%; 12% MD = 81.09%; 15% MD = 80.81%). Ini kerana bagi perlakuan kawalan, tiada MD ditambah ke dalam suapan sebelum pengeringan semburan manakala bagi perlakuan-perlakuan yang lain, ekstrak telah ditambah dengan MD sebelum dikering sembur.

Keputusan yang sama dilaporkan oleh Rocha-Leao dan Finotelli (2005) dalam kajian penentuan kesan MD ke atas kandungan asid askorbik. Kajian dilakukan dengan menambah MD (DE 19 – 22) ke dalam suapan asid askorbik piawai (MD: asid askorbik adalah 9:1 dan 8:2; b/b) dengan 10% (b/b) kandungan pepejal larut disemur kering pada SUM 190 °C dengan alat penyembur BÜCHI 190. Keputusan kajian tersebut

mencatatkan 100% pengekaln asid askorbik selepas pengeringan sembur dijalankan seterusnya sehingga tempoh penyimpanan 30 hari.

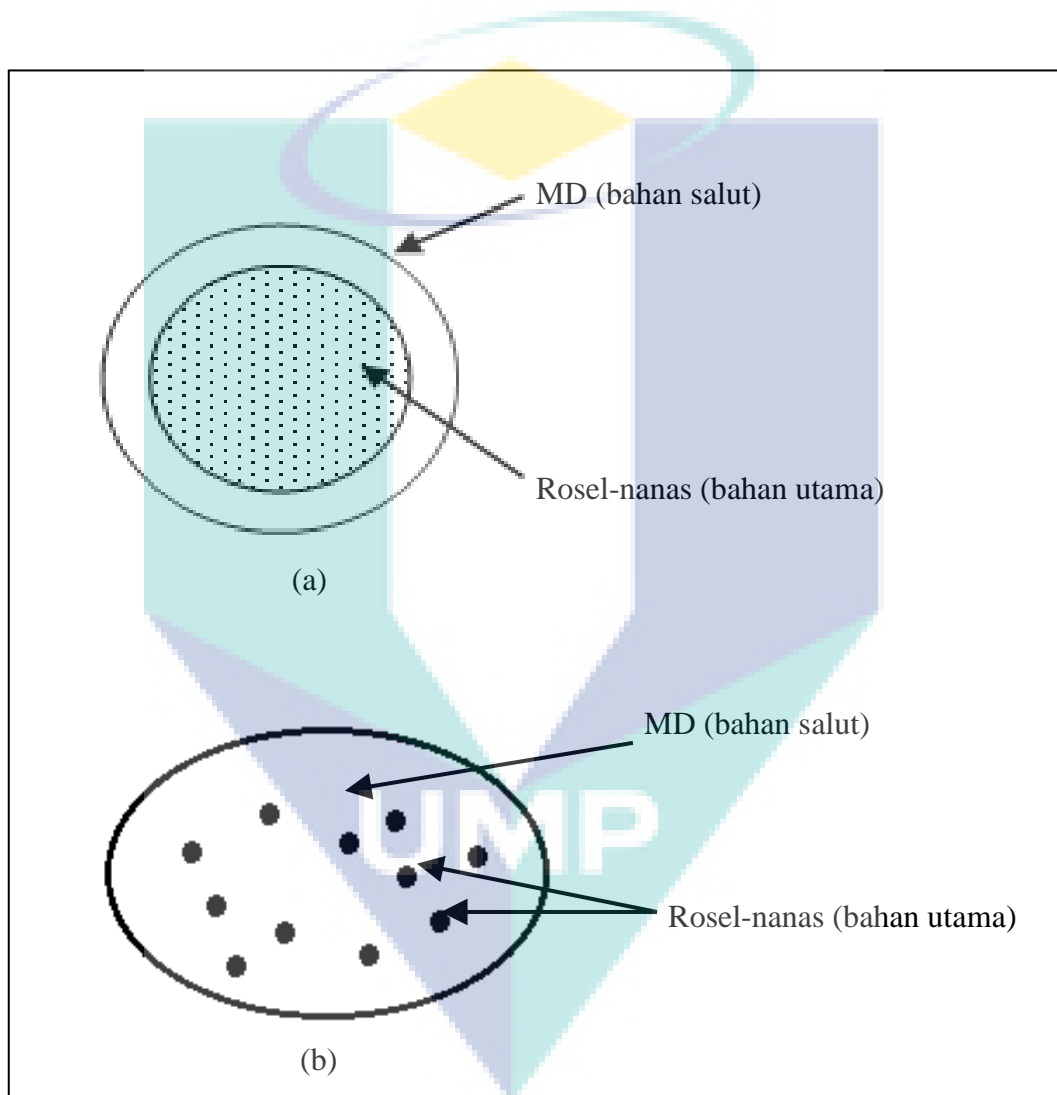
Oleh yang demikian, MD bertindak sebagai perisai kepada kehilangan asid askorbik semasa penyemburan kering pada suhu yang tinggi. Jadual 4.8 menunjukkan peratus penurunan kandungan asid askorbik berbanding nilai asal dengan peratus MD yang berbeza.

Jadual 4.8: Perbandingan peratus penurunan asid askorbik dengan peningkatan MD

MD (%)	Nilai asal asid askorbik (mg/100 g)	Purata nilai asid askorbik (mg/100 g)	Peratus penurunan (%)
0	143.30 ± 0.87	84.80	40.82
3		89.00	37.89
6		101.40	29.24
9		108.60	24.21
12		116.20	18.91
15		115.80	19.19

Keputusan kajian ini dipersetujui oleh Shah dan Wilson (2007) yang mencadangkan ilustrasi seperti Rajah 4.7 sebagai proses enkapsulasi serbuk. MD yang digunakan sebagai agen pengkapsulan akan menyalut bahan utama iaitu ekstrak roseline semasa proses pengeringan sembur secara menyeluruh. MD akan membentuk satu lapisan sekeliling bahan utama yang disalutinya yang akan menghalang kehilangan bahan atau nutrisi utama suapan. Shah dan Wilson (2007) juga mencadangkan bahawa MD akan membentuk matriks bagi melindungi ekstrak roseline-nanas dan melindunginya secara inklusif. Trindade dan Grosso (2000) juga bersetuju dengan cadangan Shah dan Wilson (2007) dengan melaporkan bahawa mikrokapsul akan terbentuk jika jus ditambah dengan agen pengkapsulan seperti MD dan bertindak melindungi kandungan-kandungan yang ingin dilindungi dalam jus. Vilstrup (2001) melaporkan bahawa MD akan membentuk geometri tidak sekata yang mengandungi bahan utama jus bertaburan di dalamnya.

Oleh itu, pengenkapsulasian asid askorbik dengan MD akan menghalang asid askorbik daripada terus teroksida dan mengekalkan kestabilan warna serta mengekalkan rasa. Ini kerana pengenkapsulasian menghalang sebarang pertukaran bahan dan mengepung komponen sensitif makanan seperti rasa dan vitamin melalui bahan salutnya (Jackson dan Lee, 1991; Shahidi dan Han, 1993; Hogan et al., 2001; Shah dan Wilson, 2007).



Rajah 4.7: MD sebagai bahan pengkapsul kepada bahan utama ekstrak rosel-nanas: (a) Pembentukan kerak luar dengan MD mengelilingi bahan utama; (b) Pembentukan matriks MD–bahan utama.

Sumber : Shah dan Wilson (2007)

Untuk itu, keputusan yang baik dengan keputusan nilai asid askorbik yang tinggi adalah pada SUM 160 °C dan SUM 180 °C serta dengan penambahan 12% MD (Jadual 4.9). SUM yang tinggi akan merendahkan bacaan nilai asid askorbik manakala SUM yang rendah akan meningkatkan pengekalan kandungan asid askorbik serbuk. Perlakuan yang ditambah MD yang tinggi mempunyai bacaan purata asid askorbik yang tinggi manakala perlakuan dengan MD yang rendah mempunyai bacaan purata asid askorbik yang rendah.

Jadual 4.9: Keputusan terbaik asid askorbik

Item	SUM (°C)	MD (%)
Tinggi	Menurun	Meningkat
Rendah	Meningkat	Menurun
Terbaik	160; 180	12

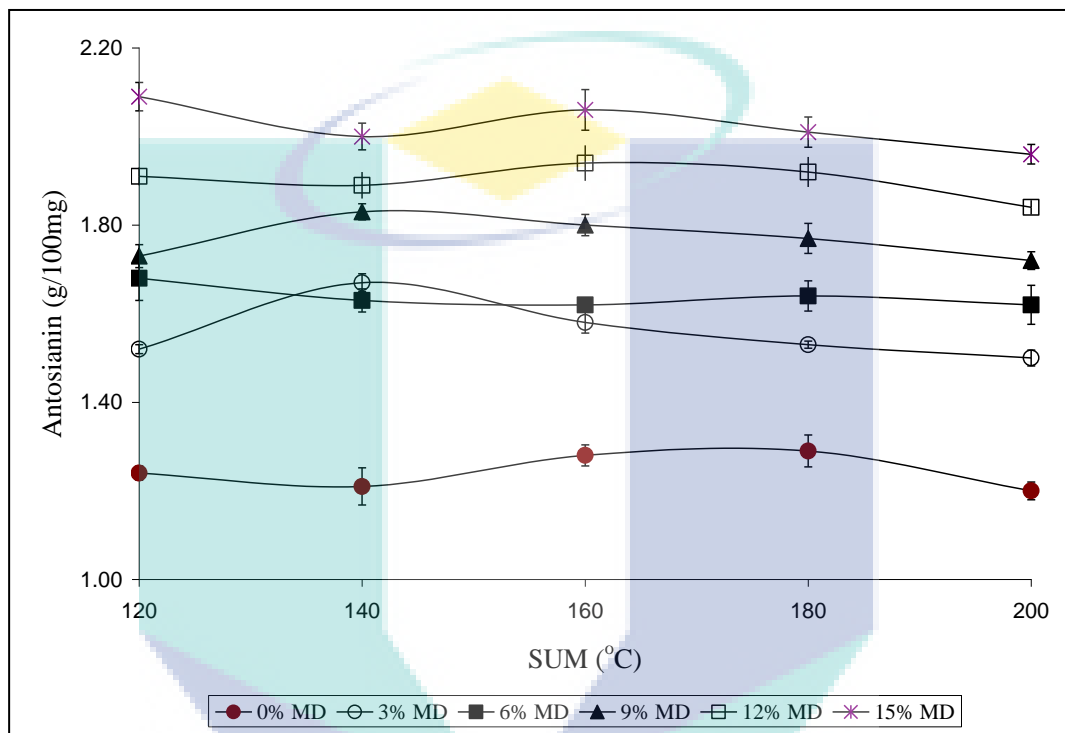
4.4.4 Antosianin

Antosianin merupakan pigmen warna yang sangat pekat dan larut di dalam air. Kehadiran antosianin memberi warna merah kepada serbuk rosol-nanas yang merupakan atribut yang sangat penting. Oleh itu, serbuk yang paling baik ialah serbuk yang mengekalkan kandungan antosianin yang paling tinggi dan paling kurang kehilangan kandungan antosianin.

(a) Kesan SUM

Berdasarkan Rajah 4.8, dapat dilihat pola yang seragam bagi semua perlakuan dan nilai antosianin adalah setara bagi semua perlakuan SUM. Namun demikian, terdapat sedikit penurunan nilai antosianin pada SUM 200 °C. Data yang didapati bagi perlakuan kawalan, kandungan antosianinnya adalah 1.24 ± 0.08 g/100 g kaliks bagi suhu 120 °C, 1.21 ± 0.21 g/100 g kaliks pada suhu 140 °C, 1.28 ± 0.12 g/100 g kaliks pada suhu 160 °C, 1.29 ± 0.18 g/100 g kaliks pada suhu 180 °C dan 1.20 ± 0.10 g/100 g kaliks pada suhu 200 °C. Bagi perlakuan 12% MD, kandungan antosianin adalah 1.91 ± 0.10 g/100 g kaliks bagi suhu 120 °C, 1.89 ± 0.15 g/100 g kaliks pada suhu 140 °C, 1.94 ± 0.20 g/100 g kaliks pada suhu 160 °C, 1.92 ± 0.17 g/100 g kaliks pada suhu 180

°C dan 1.84 ± 0.08 g/100 g kaliks pada suhu 200 °C. Manakala, bagi perlakuan 15% MD pula, kandungan antosianin adalah 1.09 ± 0.16 g/100 g kaliks bagi suhu 120 °C, 1.58 ± 0.15 g/100 g kaliks pada suhu 140 °C, 1.20 ± 0.23 g/100 g kaliks pada suhu 160 °C, 1.36 ± 0.17 g/100 g kaliks pada suhu 180 °C dan 1.39 ± 0.08 g/100 g kaliks pada suhu 200 °C.



Rajah 4.8: Graf nilai antosianin melawan SUM 120 °C – 200 °C setelah pengeringan sembur

Keputusan ini membuktikan bahawa nilai antosianin tidak dipengaruhi oleh peningkatan SUM. Kirca dan Cemeroglu (2003) mencadangkan keputusan sebegini dicatatkan adalah kerana secara relatifnya nilai antosianin mempunyai kestabilan yang tinggi pada suhu yang tinggi sekiranya tempoh pemanasan adalah singkat iaitu dalam julat 30 minit hingga 45 minit. Oleh kerana tempoh pemanasan kajian ini adalah di antara 20-30 minit, maka boleh disimpulkan bahawa kandungan antosianin dalam suapan adalah stabil semasa pengeringan. Justeru, penurunan yang dicatatkan adalah tidak terlalu tinggi.

Keputusan yang sama dilaporkan oleh Selim et al. (2008) yang mengkaji kestabilan terma antosianin yang diekstrak daripada kaliks rosel kering yang disimpan pada suhu 4 °C sebelum digunakan. Kajian Selim et al. (2008) mencatatkan perubahan yang tidak signifikan terhadap kandungan antosianin bagi ekstrak antosianin yang dipanaskan pada suhu 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C dan 100 °C selama 30, 45 dan 60 minit. Pengekalan antosianin adalah dalam julat 71.96 % sehingga 99.87 % bagi perlakuan yang dipanaskan sehingga 45 minit. Manakala, pemanasan sehingga 60 minit menyebabkan pengekalannya adalah rendah iaitu 57.69 % bagi 100 °C. Selain itu, keputusan ini juga dipersetujui oleh Rizk (1997), El-Dkak (1998) dan Dyrby et al. (2001).

Walaupun SUM yang berbeza tidak mempengaruhi kandungan antosianin, namun proses pengeringan sembur ini tetap menyebabkan berlaku pemerosotan nilai antosianin. Jadual 4.10 menunjukkan peratus pengekalannya bagi semua perlakuan SUM. Nilai antosianin bagi ekstrak asal ialah 2.76 ± 0.12 g/100 g kaliks. Selepas pengeringan sembur, peratus pengekalannya berbanding suapan asal adalah di antara 59.4% sehingga 61.8%.

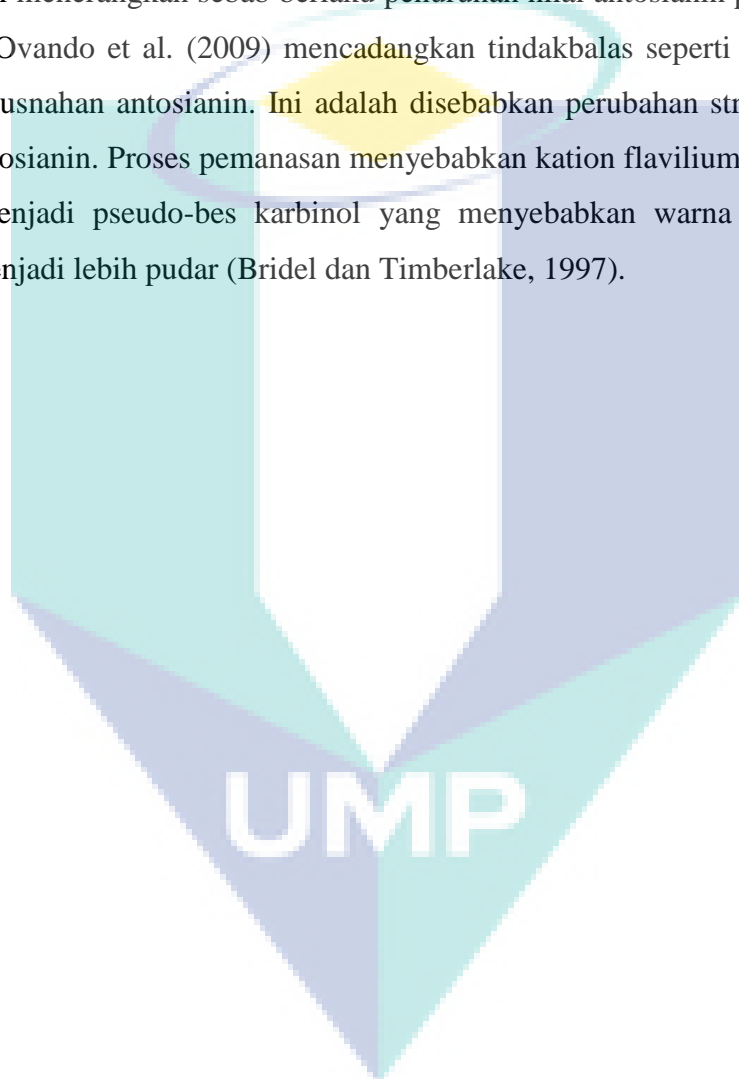
Jadual 4.10: Peratus pengekalannya nilai antosianin bagi SUM 120 °C – 160 °C berbanding suapan asal

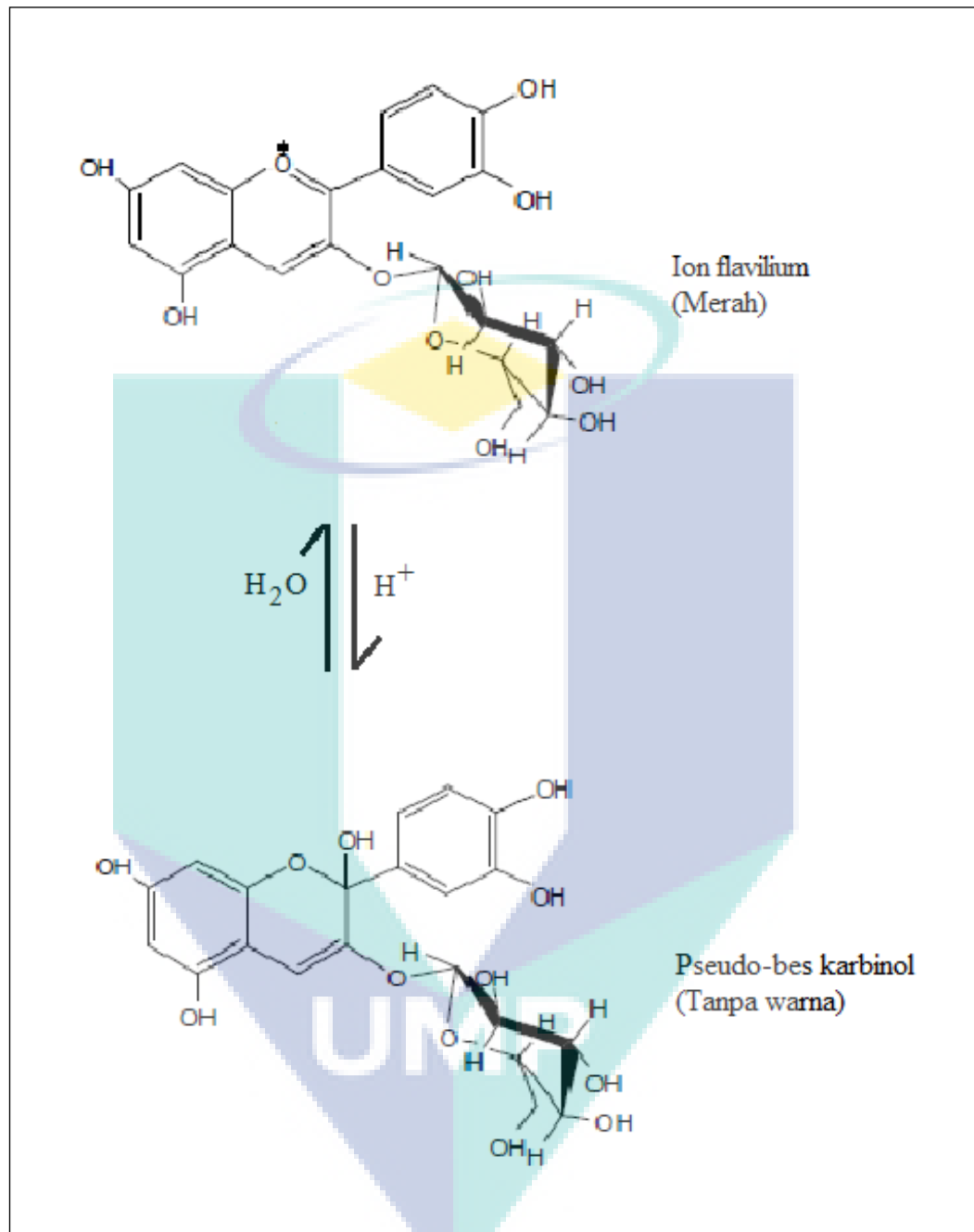
SUM (°C)	Purata nilai antosianin (g/100 g)	Peratus pengekalannya (%)
120	1.70	61.40
140	1.71	61.80
160	1.71	61.80
180	1.69	61.35
200	1.64	59.40

Berdasarkan keputusan dalam Jadual 4.9, penurunan nilai antosianin ini adalah lebih tinggi pada SUM 200 °C. Seda dan Unal (2007) mencadangkan bahawa proses pengeringan yang menggunakan MD sebagai agen pengkapsul, SUM yang maksimum yang boleh digunakan bagi mendapat nilai antosianin yang baik adalah pada 180 °C. Cai dan Corke (2000) turut bersetuju bahawa SUM yang melebihi 180 °C adalah tidak sesuai bagi pengeringan sembur antosianin. Seda dan Unal (2007) juga melaporkan

keputusan yang hampir sama dalam kajian enkapsulasi pigmen antosianin dalam ekstrak lobak hitam. Setelah pengenkapsulasian, analisis antosianin dilakukan secara statistik dan keputusan menunjukkan perlakuan dengan SUM 160 °C (MD DE 29), antosianin serbuk adalah paling tinggi dengan selang keyakinan 95% berbanding pada SUM 180 °C dan 200 °C.

Bagi menerangkan sebab berlaku penurunan nilai antosianin pada SUM 200 °C, Castaneda-Ovando et al. (2009) mencadangkan tindakbalas seperti Rajah 4.9 sebagai proses pemusnahan antosianin. Ini adalah disebabkan perubahan struktur pada gelang nukleus antosianin. Proses pemanasan menyebabkan kation flavilium (berwarna merah) berubah menjadi pseudo-bes karbinol yang menyebabkan warna merah antosianin berubah menjadi lebih pudar (Bridel dan Timberlake, 1997).



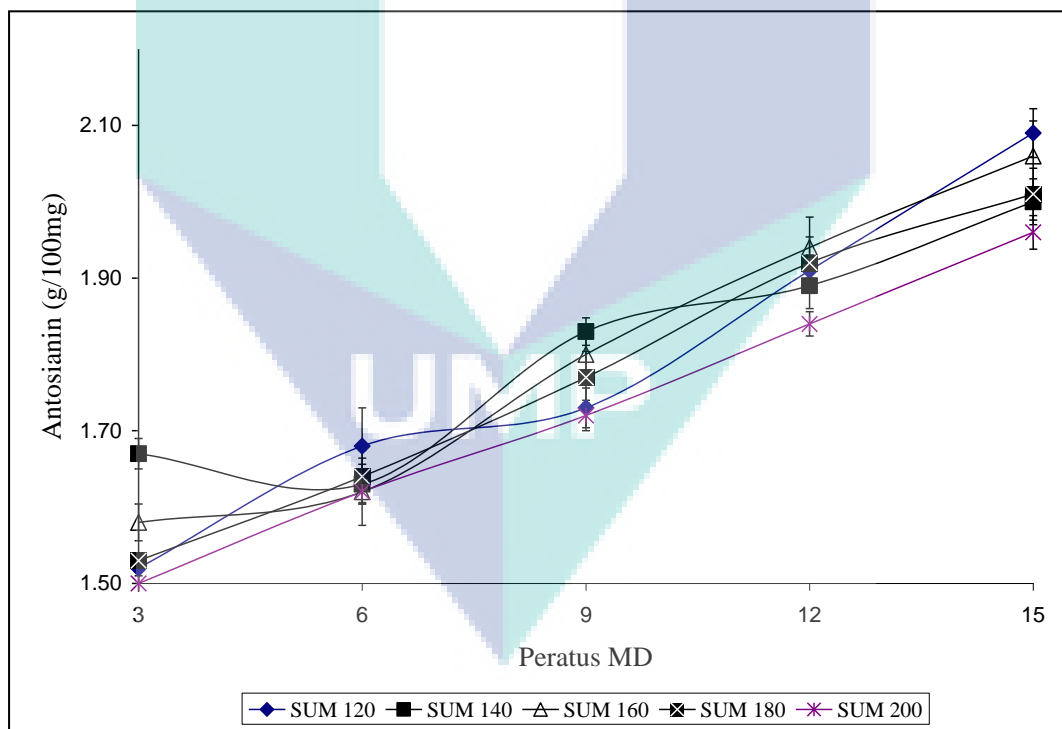


Rajah 4.9: Proses perubahan ion flavilium kepada pseudo-bes karbinol semasa pemanasan pada suhu tinggi

Sumber: Castaneda-Ovando et al. (2009)

(b) Kesan penambahan MD

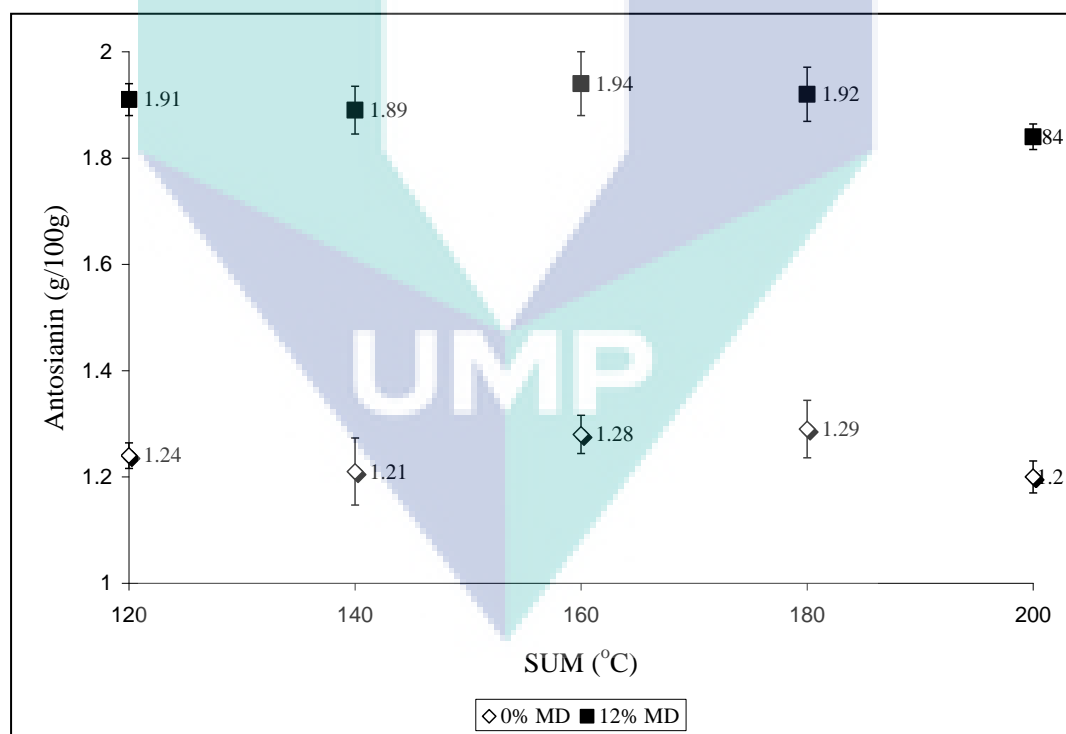
Graf dalam Rajah 4.10 menunjukkan perbandingan nilai antosianin bagi setiap perlakuan MD. Bagi SUM 120 °C nilai antosianin adalah 1.52 ± 0.05 g/100 g kaliks bagi 3% MD, 1.68 ± 0.25 g/100 g kaliks bagi 6% MD, 1.73 ± 0.13 g/100 g kaliks bagi 9% MD, 1.91 ± 0.10 g/100 g kaliks bagi 12% MD dan 2.09 ± 0.16 g/100 g kaliks bagi 15% MD. Nilai antosianin bagi SUM 180 °C adalah 1.53 ± 0.04 g/100 g kaliks bagi 3% MD, 1.64 ± 0.17 g/100 g kaliks bagi 6% MD, 1.77 ± 0.17 g/100 g kaliks bagi 9% MD, 1.92 ± 0.17 g/100 g kaliks bagi 12% MD dan 2.01 ± 0.17 g/100 g kaliks bagi 15% MD. Bagi SUM 200 °C pula, nilai antosianinnya adalah 1.50 ± 0.09 g/100 g kaliks bagi 3% MD, 1.62 ± 0.22 g/100 g kaliks bagi 6% MD, 1.72 ± 0.10 g/100 g kaliks bagi 9% MD, 1.84 ± 0.08 g/100 g kaliks bagi 12% MD dan 1.96 ± 0.11 g/100 g kaliks bagi 15% MD. Pola keputusan yang serupa dicatatkan bagi semua perlakuan SUM.



Rajah 4.10: Nilai antosianin bagi perlakuan 3% – 15% MD selepas pengeringan sembur

Keputusan ini menunjukkan berlaku pengurangan kehilangan antosianin bagi perlakuan yang mempunyai peratus MD yang semakin tinggi. Sebaliknya, bagi perlakuan dengan peratusan MD yang rendah, nilai antosianin akan berkurangan. Oleh itu, penambahan MD terbukti dapat menstabilkan kandungan antosianin di dalam serbuk. Bagi mengukuhkan lagi dapatan ini, perbezaan kandungan antosianin di dalam perlakuan kawalan dan perlakuan yang ditambah MD ditentukan bagi melihat perbezaannya. Berdasarkan Rajah 4.11, didapati perlakuan yang ditambah dengan 12% MD mengandungi kandungan antosianin yang lebih tinggi berbanding dengan perlakuan kawalan.

Duangmal et al. (2004) melaporkan bahawa penambahan MD ke dalam suapan turut memberi kesan positif terhadap kestabilan pigmen antosianin semasa penyimpanan. Antosianin yang dienkapsulasi oleh MD boleh berada dalam keadaan yang baik dengan kerosakan minimum sehingga 105 hari.



Rajah 4.11: Nilai antosianin bagi perlakuan kawalan berbanding perlakuan 12% MD pada SUM 120 °C – 200 °C

Jadual 4.11: Peratus pengekal nilai antosianin bagi MD

MD (%)	Purata antosianin (g/100 g)	Peratus pengekal (%)
0	1.24	45.07
3	1.56	56.52
6	1.64	59.35
9	1.77	64.13
12	1.90	68.84
15	2.02	73.33

Jadual 4.11 menunjukkan peratus pengekal nilai antosianin bagi semua perlakuan MD dan berdasarkan bacaan purata nilai antosianin. Peratus pengekal nilai antosianin adalah paling tinggi bagi perlakuan yang ditambah 15% MD dan yang paling rendah adalah perlakuan kawalan yang tidak ditambah MD. Semua perlakuan yang ditambah MD menunjukkan peratus pengekal yang baik iaitu melebihi 50%.

Bagi menjelaskan dapatan tersebut, Wrolstad et al. (2002) mencadangkan bahawa lindungan gula ataupun kesan hiperkromik hasil penambahan MD boleh menyebabkan penurunan kadar pemusnahan bagi antosianin seterusnya boleh menstabilkan pigmen antosianin. Kehadiran MD juga dapat memperlambatkan kadar penghidratan kromofor antosianin kepada pigmen yang tidak berwarna yang mana ia merupakan satu tindak balas pemusnahan antosianin (Castaneda-Ovando et al., 2009).

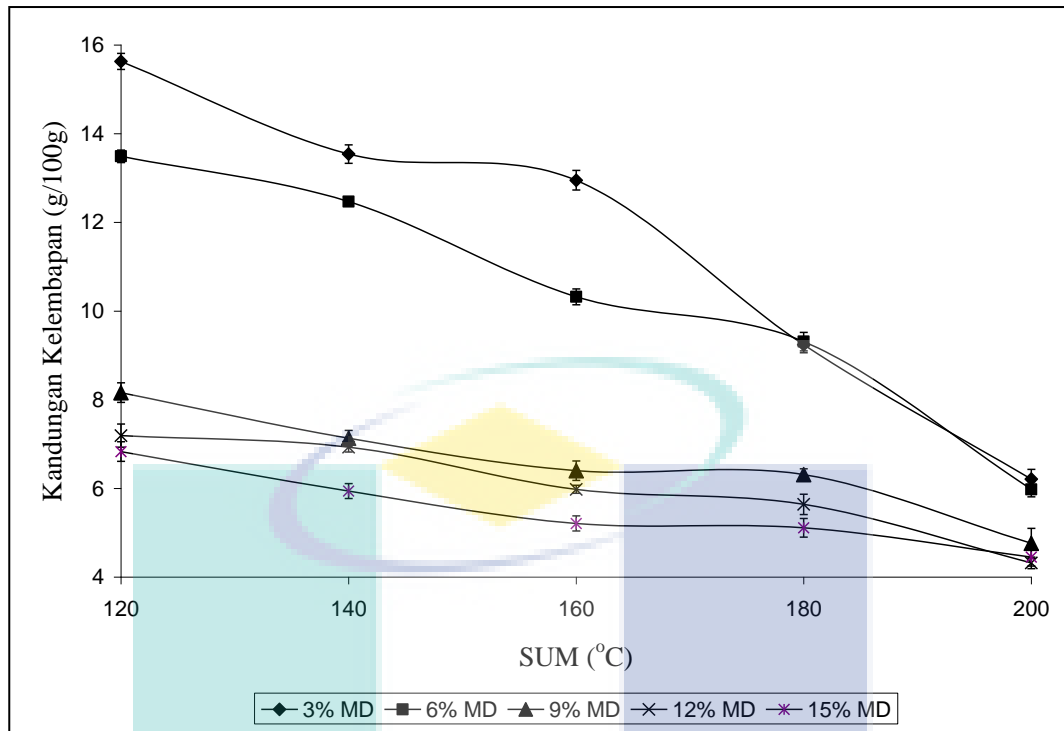
Secara kolektifnya, keputusan yang terbaik dengan keputusan nilai antosianin yang tinggi adalah pada 15% MD manakala peningkatan SUM tidak memberikan keputusan yang signifikan terhadap bacaan antosianin dalam kajian ini. Perlakuan yang ditambah MD yang tinggi mempunyai bacaan purata antosianin yang tinggi manakala perlakuan dengan MD yang rendah mempunyai bacaan purata antosianin yang rendah.

4.4.5 Kandungan Kelembapan

Air merupakan komponen utama dalam makanan yang akan mempengaruhi proses kerosakan sama ada disebabkan oleh pertumbuhan mikrob, tindak balas kimia atau enzim. Air bertindak dengan pelbagai cara seperti menghidratkan kumpulan-kumpulan polar atau ionik untuk bertindakbalas, melarut dan memindahkan bahan-bahan larut. Kaedah pengeringan adalah berdasarkan prinsip pengurangan kandungan air. Kandungan kelembapan mengukur kandungan air yang hadir di dalam serbuk setelah pengeringan sembur. Bagi penghasilan serbuk, ciri-ciri serbuk yang baik ialah serbuk yang mempunyai kelembapan yang rendah manakala sekiranya kandungan kelembapan serbuk tinggi, kualitinya berkurangan.

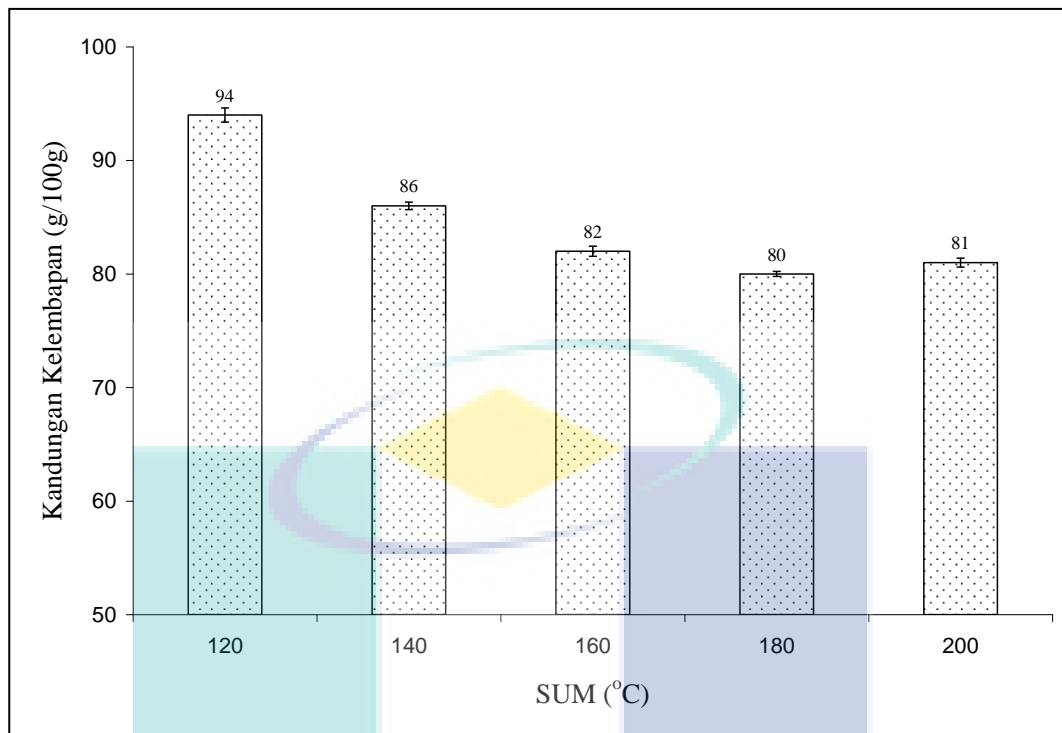
(a) Kesan SUM

Kandungan kelembapan serbuk rosol-nanas menunjukkan pola menurun dengan peningkatan SUM seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.12. Kandungan kelembapan yang paling tinggi adalah bagi perlakuan dengan SUM 120 °C iaitu 15.63 ± 0.18 g/100 g bagi 3% MD; 13.49 ± 0.14 g/100 g bagi 6% MD; 8.16 ± 0.22 g/100 g bagi 9% MD; 7.19 ± 0.26 g/100 g bagi 12% MD dan 6.83 ± 0.22 g/100 g bagi 15% MD. Kandungan kelembapan adalah sederhana bagi SUM 180 °C iaitu 9.24 ± 0.18 g/100 g bagi 3% MD; 9.31 ± 0.21 g/100 g bagi 6% MD; 6.31 ± 0.13 g/100 g bagi 9% MD; 5.64 ± 0.23 g/100 g bagi 12% MD dan 5.11 ± 0.21 g/100 g bagi 15% MD. Manakala, kandungan kelembapan dicatatkan paling rendah bagi perlakuan dengan SUM 200 °C iaitu 6.21 ± 0.22 g/100 g bagi 3% MD; 5.98 ± 0.17 g/100 g bagi 6% MD; 4.76 ± 0.34 g/100 g bagi 9% MD; 4.32 ± 0.13 g/100 g bagi 12% MD dan 4.45 ± 0.20 g/100 g bagi 15% MD. Keputusan ini membuktikan bahawa SUM yang tinggi akan menyebabkan penurunan kandungan air dalam serbuk yang terhasil.



Rajah 4.12: Nilai kelembapan serbuk pada SUM 120 °C – 200 °C

Rajah 4.13 menunjukkan bacaan kandungan kelembapan bagi perlakuan 0% MD. Pola penurunan kandungan kelembapan dapat dilihat dengan peningkatan SUM. Pada SUM 120 °C, kandungan kelembapan adalah 94 ± 0.25 g/100 g; pada SUM 140 °C kandungan kelembapan adalah 86 ± 0.13 g/100 g; pada SUM 160 °C kandungan kelembapan adalah 82 ± 0.18 g/100 g; pada 180 °C kandungan kelembapan adalah 80 ± 0.09 g/100 g dan pada 200 °C kandungan kelembapan adalah 81 ± 0.16 g/100 g. Ini menunjukkan bahawa pengeringan sembur dengan SUM yang meningkat akan menyebabkan kandungan kelembapan serbuk menurun.



Rajah 4.13: Kandungan kelembapan perlakuan kawalan bagi SUM 120 °C – 200 °C

Keputusan ini dicatatkan kerana semasa penyemburan dengan SUM yang rendah, kadar penyejatan kelembapan adalah rendah manakala semasa penyemburan dengan SUM yang lebih tinggi, kadar penyejatan kelembapan akan meningkat. Peningkatan kadar penyejatan ini adalah disebabkan pemindahan haba akibat suhu yang tinggi kepada partikel yang semakin agresif (Halliday dan Walker, 2001) dan menyebabkan air tersejat seterusnya menghasilkan serbuk dengan peratus kelembapan yang rendah (Goula dan Adamopoulos, 2005). Perez Munoz dan Flores (1997) turut bersetuju bahawa peningkatan SUM akan meningkatkan kadar pengeringan sekaligus akan menyebabkan pengurangan amaun air semasa pengeringan sembur.

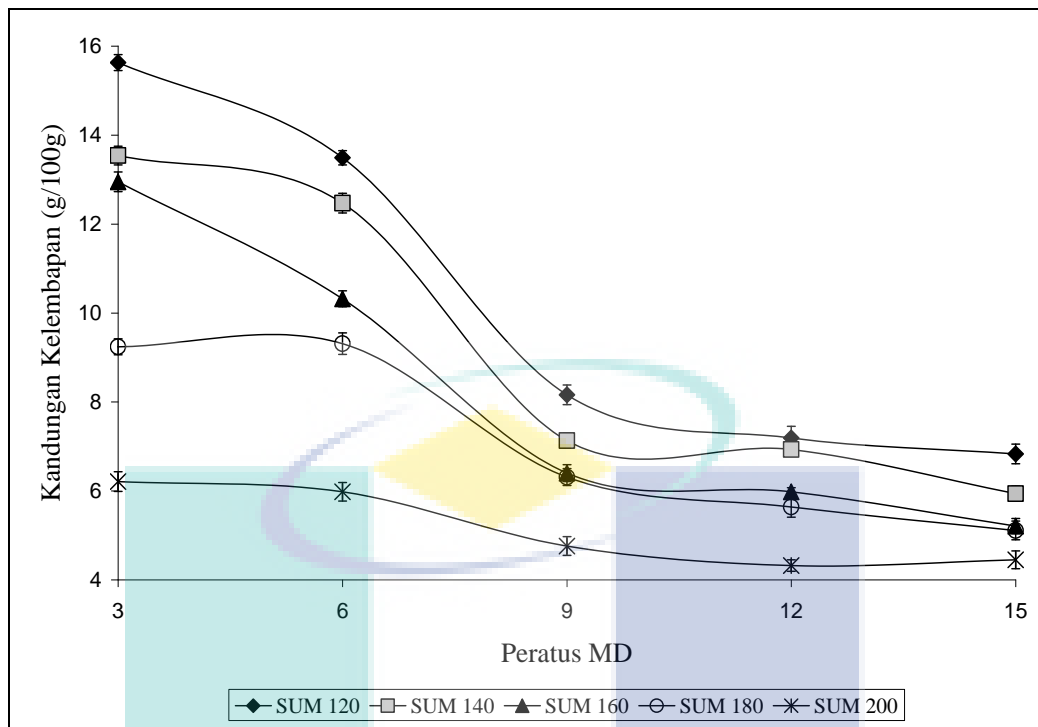
Bagi menerangkan keputusan ini, Goula dan Adamopoulos (2005) mencadangkan air yang terkandung dalam partikel akan keluar sebagai wap dengan SUM yang tinggi. Wap air tersebut akan terbebas ke persekitaran.

Hasil kajian ini selari dengan kajian yang dilakukan oleh Seda dan Unal (2007) yang mencatatkan pola penurunan kandungan kelembapan bagi perlakuan dengan SUM yang meningkat. Keputusan yang sama juga dicatatkan dalam kajian kandungan

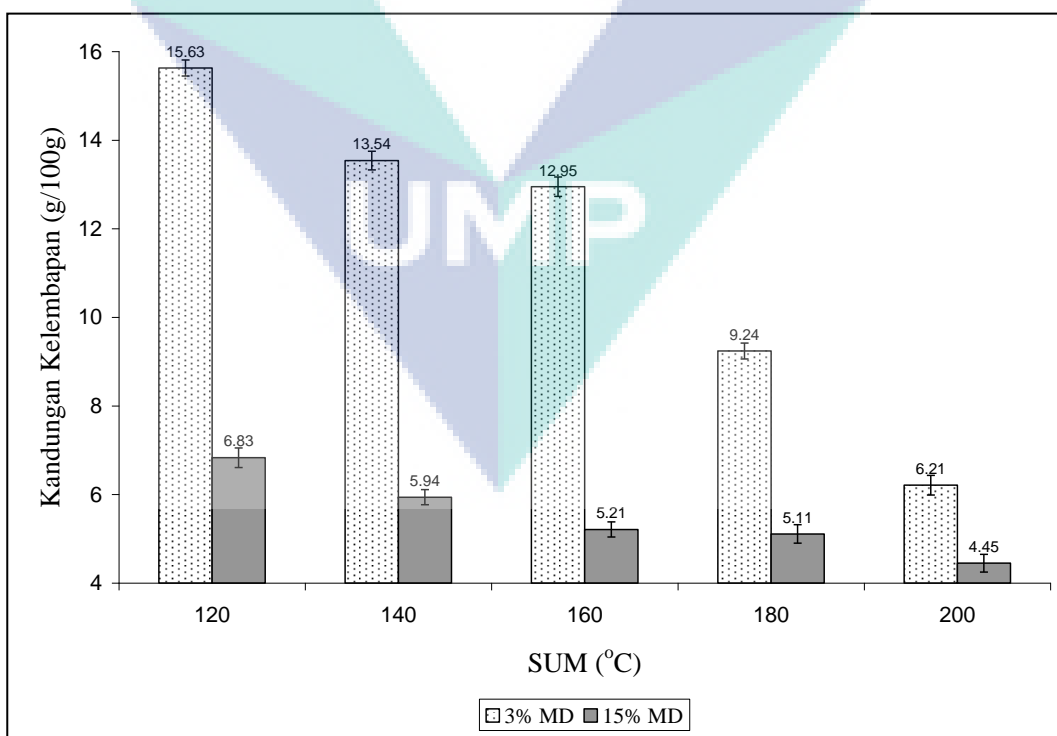
kelembapan serbuk buah Indian gooseberry (Srzednicki et al., 2009) yang mencatatkan keputusan pada SUM 120 °C, kandungan kelembapan adalah 5.99% (berat basah) berbanding pada SUM 140 °C, kandungan kelembapan serbuk adalah 3.24% (dengan penambahan MD sehingga menghasilkan suapan dengan 19% kandungan pepejal larut).

(b) Kesan penambahan MD

Kandungan kelembapan serbuk rosol-nanas menunjukkan pola menurun dengan peningkatan peratus MD seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.14. Kandungan kelembapan yang paling tinggi seperti Rajah 4.15 adalah bagi perlakuan yang ditambah dengan 3% MD iaitu 15.63 ± 0.18 g/100 g pada SUM 120 °C; 13.54 ± 0.21 g/100 g pada SUM 140 °C; 12.95 ± 0.22 g/100 g pada SUM 160 °C; 9.24 ± 0.18 g/100 g pada SUM 180 °C dan 6.21 ± 0.22 g/100 g pada SUM 200 °C. Bagi 12% MD pula, kandungan kelembapannya adalah 7.19 ± 0.26 g/100 g pada SUM 120 °C; 6.93 ± 0.11 g/100 g pada SUM 140 °C; 5.98 ± 0.09 g/100 g pada SUM 160 °C; 5.64 ± 0.23 g/100 g pada SUM 180 °C dan 4.32 ± 0.13 g/100 g pada SUM 200 °C. Manakala, kandungan kelembapan dicatatkan paling rendah bagi perlakuan yang ditambah 15% MD iaitu 6.83 ± 0.22 g/100 g pada SUM 120 °C; 5.94 ± 0.17 g/100 g pada SUM 140 °C; 5.21 ± 0.17 g/100 g pada SUM 160 °C; 5.11 ± 0.21 g/100 g pada SUM 180 °C dan 4.45 ± 0.20 g/100 g pada SUM 200 °C.



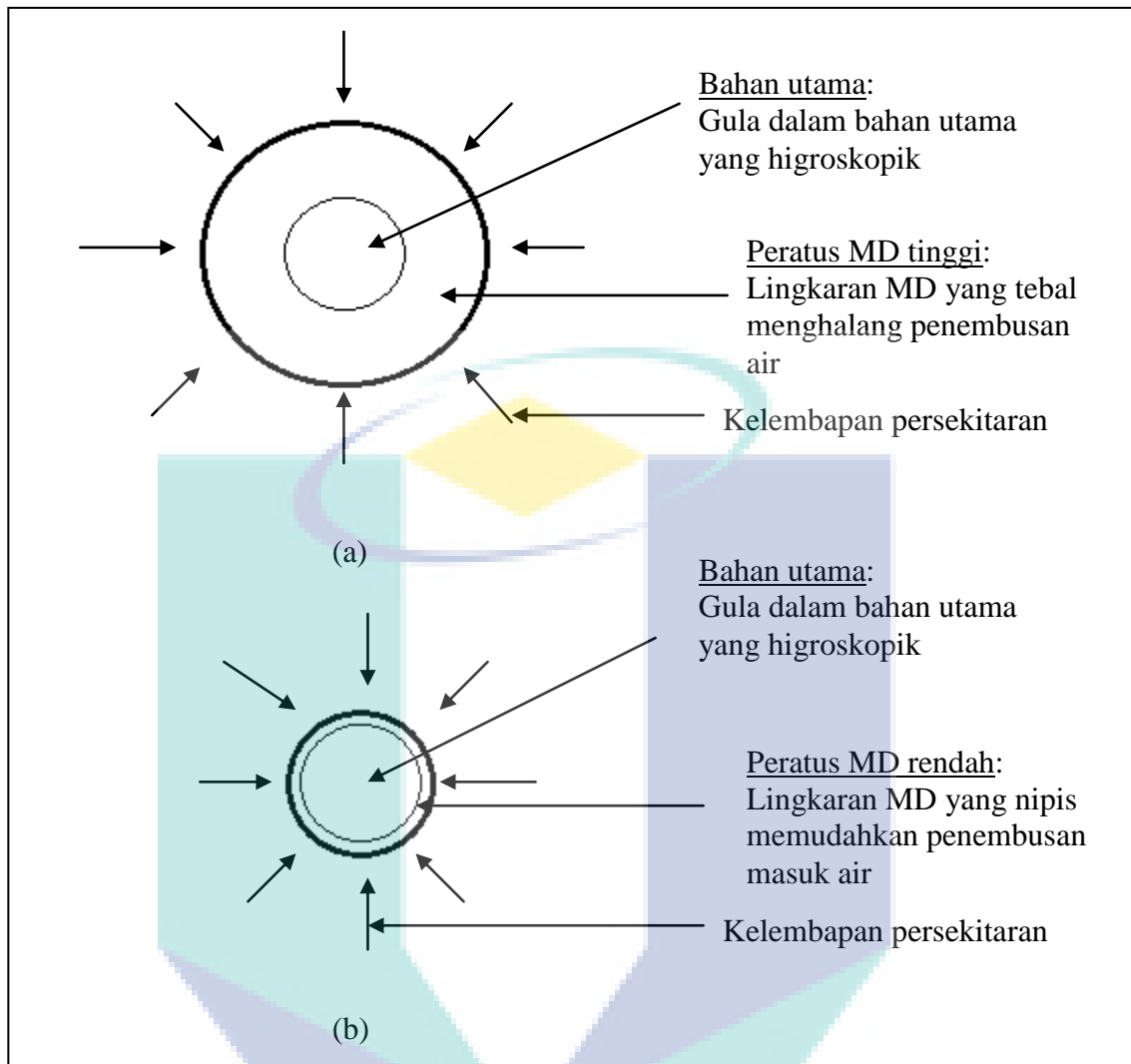
Rajah 4.14: Penurunan kandungan kelembapan serbuk dengan peratus MD meningkat



Rajah 4.15: Keketaraan beza nilai kelembapan serbuk 3% dan 15% MD

Menurut Halliday dan Walker (2001), dalam sistem pengeringan sembur, kandungan kelembapan suapan akan memberi kesan kepada nilai kandungan kelembapan produk yang terhasil. Sekiranya dalam suapan asal mengandungi kandungan air yang tinggi, serbuk yang terhasil juga akan mempunyai kandungan kelembapan yang tinggi. Namun, sekiranya, kandungan air rendah bagi suapan asal, maka serbuk yang terhasil akan mempunyai kandungan kelembapan yang rendah. MD yang ditambah ke dalam suapan adalah dalam bentuk serbuk. Oleh itu, berlaku peningkatan kandungan pepejal dalam suapan selepas ditambah dengan MD serta mengurangkan kandungan air suapan (Srzednicki et al., 2009). Justeru, serbuk yang terhasil dengan peratus MD yang tinggi akan mengurangkan nilai kandungan kelembapan.

Selain itu, menurut Shresta et al. (2007) MD yang digunakan akan menghalang gula di dalam serbuk yang bersifat higroskopik secara semulajadi daripada menyerap kelembapan sekeliling dengan membentuk lapisan pelindung di luar. Walaupun begitu, lapisan pelindung luar yang terbentuk berbeza dari sudut ketebalan akibat perbezaan peratusan MD yang ditambah. Peningkatan peratus MD yang ditambah menyebabkan lapisan pelindung luar yang terhasil akan lebih tebal dan akan menghalang air daripada terserap masuk ke dalam lapisan pelindung luar tersebut (Howes et al., 2004). Dengan peratusan MD yang rendah, lapisan pelindung luar yang terbentuk adalah nipis dan memungkinkan air terserap masuk ke dalamnya dan menyebabkan nilai kelembapan meningkat. Ilustrasi pembentukan lapisan luar yang tebal dan nipis oleh MD yang bertindak menghalang penembusan air dari persekitaran ditunjukkan dalam Rajah 4.16.



Rajah 4.16: Penembusan kelembapan persekitaran ke dalam bahan utama semasa pemanasan dan pengeringan sembur: (a) MD yang tebal menyukarkan penyerapan air dari luar; (b) Lapisan MD yang nipis memudahkan penyerapan air oleh gula bahan utama.

Keputusan yang sama dilaporkan oleh kajian-kajian terdahulu yang menunjukkan setiap perlakuan yang dikaji yang ditambah dengan MD menyebabkan penurunan kandungan kelembapan serbuk. Antaranya, Wipavadee et al. (2008) melaporkan bahawa kandungan kelembapan serbuk oren yang dihasilkannya dengan menambahkan MD adalah lebih rendah berbanding tanpa MD. Ini turut dipersetujui oleh Borges et al. (2002) yang melaporkan bahawa serbuk nanas yang ditambah MD mempunyai kandungan kelembapan yang rendah berbanding tanpa MD.

Keputusan yang baik dengan keputusan nilai kelembapan yang rendah adalah pada SUM 160 °C dan SUM 180 °C serta dengan penambahan 9%, 12% dan 15% MD. SUM yang tinggi akan merendahkan bacaan nilai kelembapan manakala SUM yang rendah akan mempunyai kandungan kelembapan yang tinggi. Oleh yang demikian, perlakuan yang ditambah MD yang tinggi mempunyai bacaan purata kandungan kelembapan yang baik.

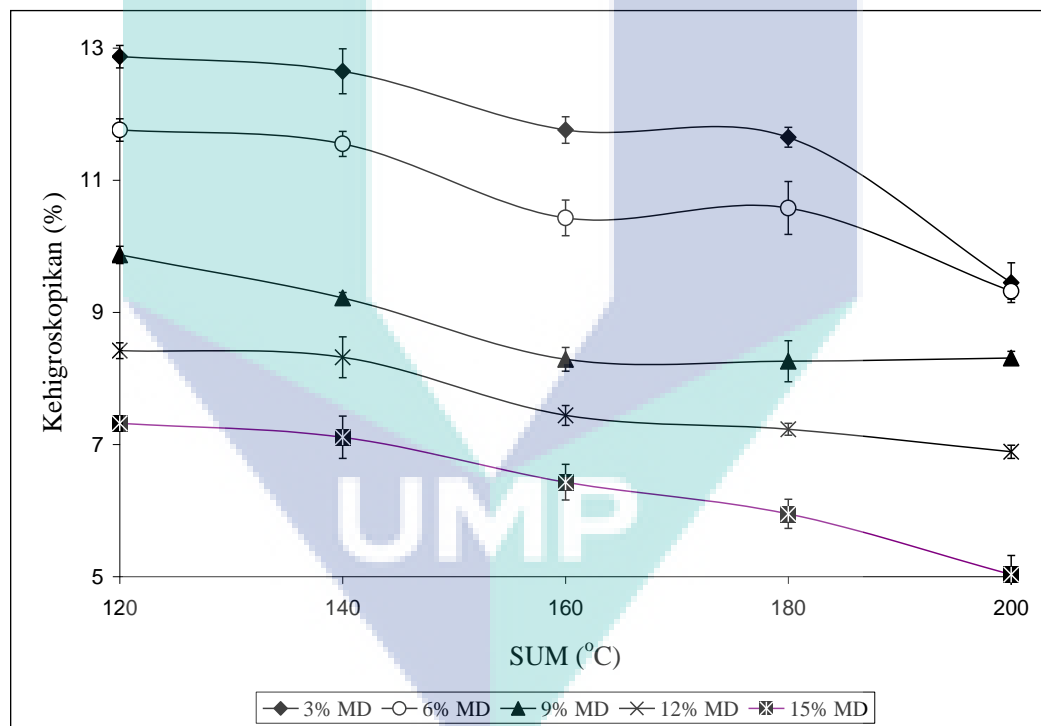
4.4.6 Kehigroskopikan

Kehigroskopikan merujuk kepada kapasiti serbuk bagi menyerap kelembapan ambien. Ia merupakan antara ciri fizikal yang penting kerana memberi kesan kepada kualiti serbuk. Serbuk bagi rosol-nanas yang terhasil adalah bersifat higroskopik (Farimin dan Nordin, 2009) kerana kandungan suapan adalah kaya dengan pepejal gula yang mempunyai sifat asal yang sangat higroskopik (Sebhatu et al., 1994).

Walaupun demikian, serbuk yang baik ialah serbuk yang mempunyai bacaan kehigroskopikan yang rendah iaitu merujuk kepada paling kurang kapasiti bagi menyerap kelembapan persekitarannya. Sekiranya bacaan kehigroskopikan serbuk adalah tinggi, ini bermakna serbuk mudah menyerap kelembapan persekitaran dan menyebabkan daya tahan berkurangan.

(a) **Kesan SUM**

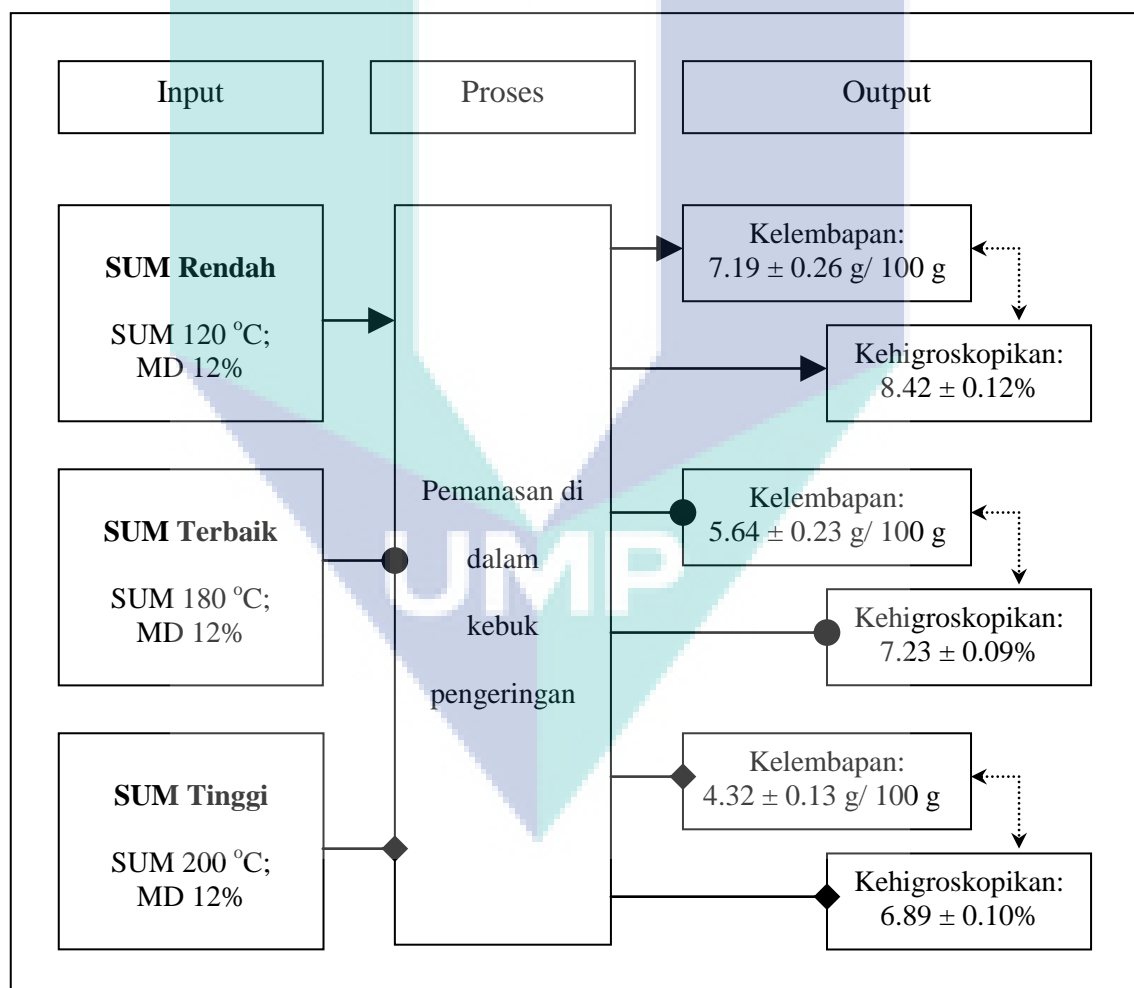
Rajah 4.17 menunjukkan bacaan ke higroskopikan serbuk bagi setiap perlakuan SUM. Berdasarkan graf tersebut, serbuk paling higroskopik adalah bagi perlakuan pada SUM 120 °C iaitu $12.87 \pm 0.17\%$ bagi 3% MD; $11.76 \pm 0.17\%$ bagi 6% MD; $9.87 \pm 0.13\%$ bagi 9% MD; $8.42 \pm 0.12\%$ bagi 12% MD dan $7.32 \pm 0.11\%$ bagi 15% MD. Manakala serbuk adalah paling rendah nilai higroskopik bagi perlakuan dengan SUM 200 °C iaitu $9.45 \pm 0.30\%$ bagi 3% MD; $9.32 \pm 0.12\%$ bagi 6% MD; $8.31 \pm 0.10\%$ bagi 9% MD; $6.89 \pm 0.10\%$ bagi 12% MD dan $5.03 \pm 0.29\%$ bagi 15% MD. Ini menunjukkan bahawa ke higroskopikan serbuk rosol-nanas mengalami pola menurun dengan peningkatan SUM.



Rajah 4.17: Kehigroskopikan serbuk 3% - 15% MD melawan SUM 120 °C – 200 °C

Bagi menerangkan keputusan ini, Phisut (2012) mencadangkan bahawa ke higroskopikan serbuk adalah sangat berkaitan dengan kandungan kelembapannya. Sekiranya kandungan kelembapan serbuk adalah tinggi, maka ke higroskopikannya adalah tinggi. Manakala, jika kandungan kelembapan serbuk adalah rendah, serbuk yang kurang higroskopik terhasil. Seperti yang dibincangkan dalam bahagian 4.4.5,

semasa pengeringan sembur dengan SUM yang tinggi, air yang terkandung di dalam suapan akan meruap dan serbuk yang terhasil mempunyai kandungan kelembapan yang rendah. Ini bermakna, serbuk turut mempunyai kapasiti penyerapan kelembapan persekitaran yang rendah. Oleh itu, serbuk tersebut dikatakan kurang higroskopik. Sebaliknya, pada SUM yang rendah, kadar penyejatan air suapan adalah perlahan dan serbuk yang terhasil mempunyai kandungan kelembapan yang tinggi serta mempunyai kapasiti penyerapan kelembapan persekitaran yang tinggi. Maka serbuk yang lebih higroskopik terhasil (Goula dan Adamopoulos, 2005). Rajah 4.18 menunjukkan perkaitan antara kehigroskopikan dan kelembapan serbuk setelah pemanasan di dalam kebuk pengeringan.

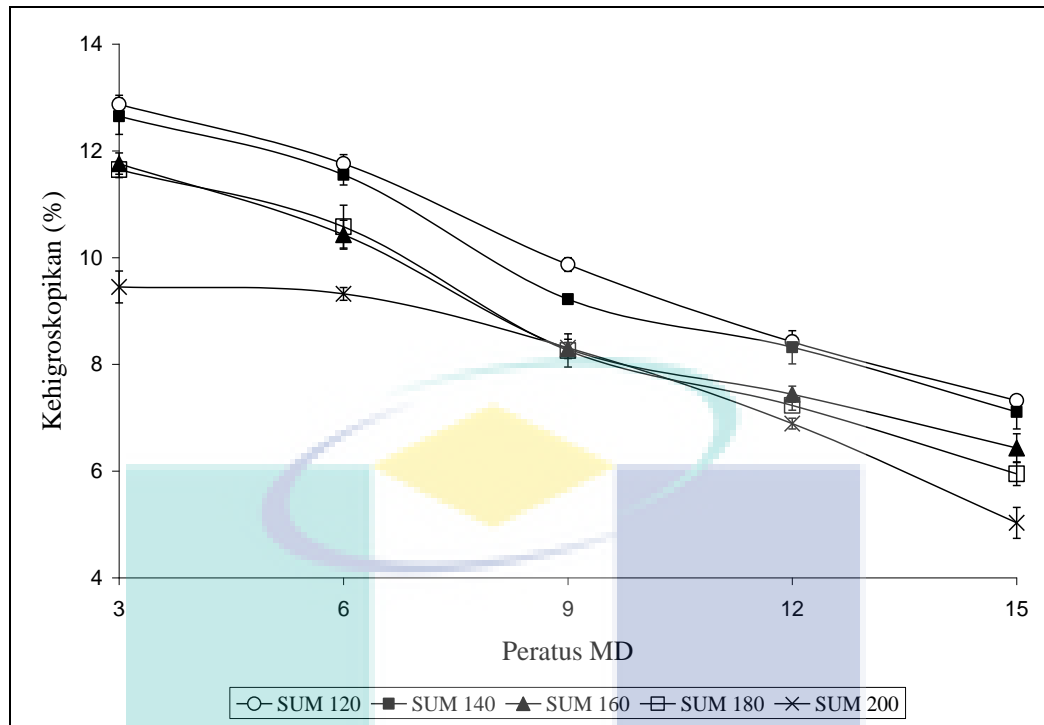


Rajah 4.18: Korelasi bacaan kelembapan dan kehigroskopikan serbuk setelah pemanasan

Keputusan yang sama dilaporkan oleh Moreira et al. (2009) dalam kajian penghasilan serbuk *acerola pomace*. Keputusan kajian mereka menunjukkan pada SUM 176 °C (nisbah bahan pembawa (g): *acerola pomace* (g) = 2.6), ke higroskopikan serbuk adalah 46.45 ± 2.22 g/ 100 g berbanding pada SUM 194 °C, ke higroskopikan serbuk adalah lebih rendah iaitu 41.52 ± 2.03 g/ 100 g.

(b) Kesan penambahan MD

Rajah 4.19 menunjukkan bacaan ke higroskopikan serbuk bagi setiap perlakuan MD. Ke higroskopikan serbuk yang paling tinggi dicatatkan adalah bagi perlakuan 3% MD iaitu $12.87 \pm 0.17\%$ bagi SUM 120 °C; $12.65 \pm 0.34\%$ bagi SUM 140 °C; $11.76 \pm 0.20\%$ bagi SUM 160 °C; $11.65 \pm 0.15\%$ bagi SUM 180 °C dan $9.45 \pm 0.30\%$ bagi SUM 200 °C. Ke higroskopikan serbuk bagi perlakuan 12% MD adalah $8.42 \pm 0.12\%$ bagi SUM 120 °C; $8.32 \pm 0.31\%$ bagi SUM 140 °C; $7.44 \pm 0.15\%$ bagi SUM 160 °C; $7.23 \pm 0.09\%$ bagi SUM 180 °C dan $6.89 \pm 0.10\%$ bagi SUM 200 °C Manakala, kandungan ke higroskopikan serbuk yang paling rendah adalah bagi perlakuan 15% MD iaitu $7.32 \pm 0.11\%$ bagi SUM 120 °C; $7.11 \pm 0.32\%$ bagi SUM 140 °C; $6.43 \pm 0.27\%$ bagi SUM 160 °C; $5.95 \pm 0.22\%$ bagi SUM 180 °C dan $5.03 \pm 0.29\%$ bagi SUM 200 °C. Keputusan ini membuktikan bahawa peratus MD yang tinggi akan menghasilkan serbuk yang kurang higroskopik.



Rajah 4.19: Pengurangan higroskopisiti serbuk dengan peningkatan peratus MD

Cai dan Corke (2000) mencadangkan bahawa penambahan MD secara umumnya akan menyebabkan serbuk yang terhasil bersikap melekit kerana kandungan gula berberat molekul rendah yang terdapat dalam formulasi suapan. Semakin tinggi peratus MD yang ditambah, maka suapan akan mengandungi kandungan gula berberat molekul rendah yang semakin tinggi dan kurang kandungan air. Setelah dikering sembur, serbuk yang terhasil akan menjadi kurang higroskopik. Manakala, sekiranya peratus MD adalah rendah, kandungan gula berberat molekul rendah adalah kurang dan menyebabkan kandungan air di dalam suapan tinggi. Maka, setelah dikering sembur, serbuk yang terhasil adalah bersifat higroskopik dan melekit. Kesan lekitan ini menyebabkan serbuk melekat pada dinding pengumpul alat pengering sembur (Bhandari et al., 1997; Langrish, 2007).

Rodríguez-Hernández et al. (2005) melaporkan dalam kajiannya mengenai serbuk pir-kaktus yang mempunyai kehigroskopikan yang rendah dengan peningkatan peratus kandungan MD dalam suapan. Ini juga disokong oleh Cai dan Corke (2000) menerusi kajiannya mengenai pengeringan sembur pigmen betasianin yang mendapati penambahan peratus MD berjaya menghasilkan serbuk yang kurang higroskopik.

Dalam kajian yang lain, Jaya dan Das (2004) melaporkan ke higroskopikan produk yang terhasil adalah rendah dengan peningkatan kandungan MD.

Keputusan yang baik iaitu serbuk yang paling kurang higroskopik SUM 180 °C dan SUM 200 °C serta dengan penambahan 12% dan 15% MD. Keputusan ini menunjukkan SUM yang tinggi akan merendahkan nilai higroskopisiti manakala SUM yang rendah akan meningkatkan nilai higroskopisiti serbuk. Selain itu, perlakuan yang ditambah MD yang tinggi pula memberi bacaan higroskopisiti dalam lingkungan nilai yang baik.

4.4.7 Aktiviti Air

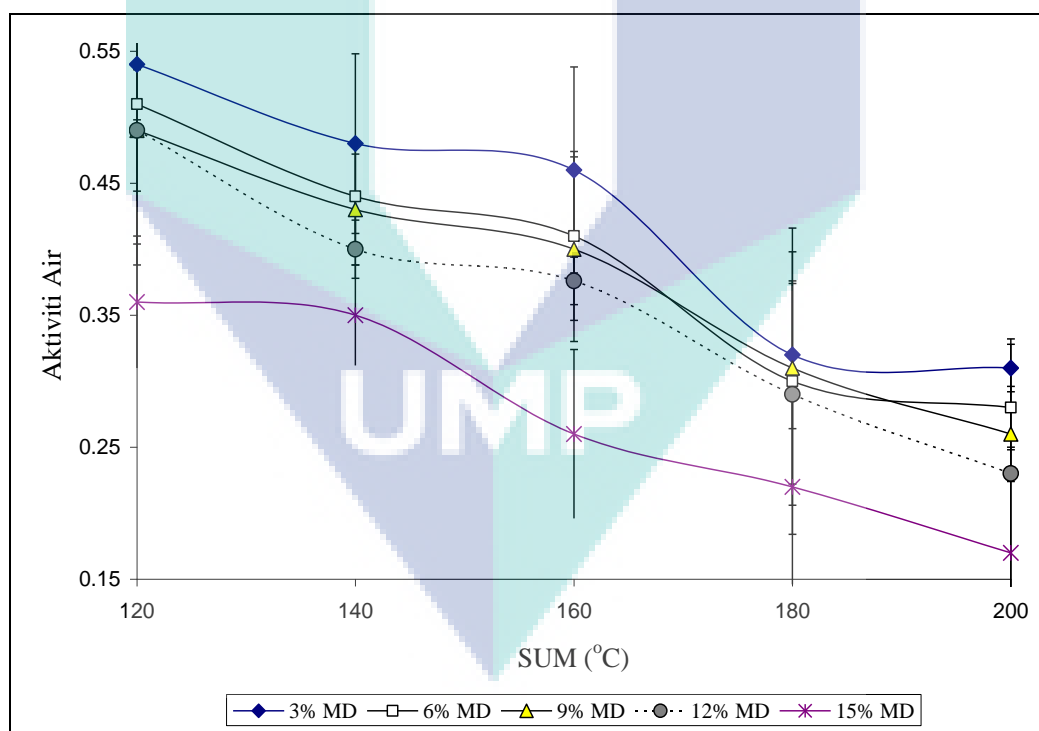
Aktiviti air merupakan ciri fizikal yang penting dalam sistem makanan dan merupakan parameter yang telah digunakan dengan meluas bagi menunjukkan perihai air di dalam satu sistem makanan. Menurut Barry (2005), kebanyakan tindakbalas biokimia dan mikrobiologi adalah ditentukan oleh nilai aktiviti air dan ia menentukan kestabilan makanan tersebut.

Aktiviti air berbeza dengan kandungan air atau kelembapan sesuatu makanan. Kandungan kelembapan tidak dapat menggambarkan tempoh hayat sesuatu sistem makanan. Kerosakan makanan adalah bergantung kepada faktor kebolehdapatan air iaitu aktiviti air untuk berlakunya tindakbalas kimia atau biologi. Kajian rintis oleh Mossel dan Westerdijk (1949) menjelaskan bahawa pertumbuhan mikroorganisma mempunyai kolerasi dengan kelembapan relatif keseimbangan sesuatu ruang sistem makanan. Kemudian, Scott (1953) telah memperkenalkan istilah aktiviti air untuk menggantikan kelembapan relatif dan digunapakai sehingga kini. Maka, aktiviti air diertikan sebagai jumlah air bebas dalam medium pertumbuhan atau sistem makanan dan boleh ditentukan dengan mengira nisbah tekanan wap larutan makanan kepada air tulen.

Oleh itu, kajian aktiviti air bagi serbuk yang terhasil adalah penting memandangkan ia akan menentukan jangka hayat serbuk dan seterusnya dapat menentukan kualitinya.

(a) **Kesan SUM**

Aktiviti air serbuk rosol-nanas menunjukkan pola menurun dengan peningkatan SUM seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.20. Aktiviti air yang paling tinggi adalah bagi perlakuan dengan SUM 120 °C iaitu 0.54 ± 0.04 bagi 3% MD; 0.51 ± 0.12 bagi 6% MD; 0.49 ± 0.05 bagi 9% MD; 0.49 ± 0.09 bagi 12% MD dan 0.36 ± 0.05 bagi 15% MD. Aktiviti air bagi 180 °C adalah 0.32 ± 0.06 bagi 3% MD; 0.30 ± 0.12 bagi 6% MD; 0.31 ± 0.09 bagi 9% MD; 0.29 ± 0.08 bagi 12% MD dan 0.22 ± 0.07 bagi 15% MD. Manakala, aktiviti air dicatatkan paling rendah bagi perlakuan dengan SUM 200 °C iaitu 0.31 ± 0.02 bagi 3% MD; 0.28 ± 0.03 bagi 6% MD; 0.26 ± 0.04 bagi 9% MD; 0.23 ± 0.10 bagi 12% MD dan 0.17 ± 0.08 bagi 15% MD. Keputusan ini membuktikan bahawa SUM yang tinggi akan menyebabkan penurunan aktiviti air dalam serbuk yang terhasil.



Rajah 4.20: Bacaan aktiviti air bagi semua perlakuan SUM 120 °C - 200 °C

Pengukuran aktiviti air mengkaji kehadiran air yang bebas di dalam serbuk yang bertanggungjawab dalam tindakbalas biokimia dan kandungan kelembapan pula mengukur kandungan air dalam sistem makanan iaitu serbuk yang terhasil (Rosnah, 2008). Nilai aktiviti air yang tinggi menunjukkan terdapat banyak air bebas yang tersedia untuk sebarang tindakbalas dan mengurangkan jangka hayat serbuk (Quek et al., 2007). Secara tuntasnya, sebarang proses kimia dan biologi yang berlaku dalam sistem makanan yang mengubah kestabilan makanan serta memusnahkannya adalah disebabkan kehadiran air.

Mikrob cepat membiak sekiranya serbuk yang terhasil mempunyai nilai aktiviti air lebih tinggi daripada 0.6 (Barbara dan Peter, 2002). Secara amnya, kadar kematian bagi mikroorganisma adalah meningkat dengan penurunan aktiviti air. Pada aktiviti air yang tinggi (> 0.95) bakteria merupakan mikroflora yang dominan bagi kebanyakan makanan. Manakala, pada aktiviti air yang rendah (< 0.85), yis dan kulat pula menjadi organisma perosak yang utama. Bacteria adalah prokariot yang ringkas, kecil, tidak berkompakmen dan selalunya uniselular, oleh itu pertumbuhan sangat bergantung kepada keadaan persekitaran. Apabila aktiviti air persekitaran menurun, bakteria akan mati kerana kehilangan air untuk mencapai keseimbangan osmotik dengan sistem luar. Yis dan kulat adalah eukariot yang lebih kompleks dan selalunya multisel. Oleh itu, mikroorganisma ini lebih berupaya untuk mengubahsuai mengikut keadaan persekitaran dan boleh tumbuh pada keadaan yang mempunyai aktiviti air yang lebih rendah (Gould dan Christian, 1988).

Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa pembiakan mikrob adalah sangat relatif dengan nilai aktiviti air. Kajian ini menunjukkan bahawa serbuk yang terhasil mempunyai nilai aktiviti air yang kurang daripada 0.6 dan menunjukkan bahawa semua perlakuan serbuk adalah stabil secara kimia.

Jadual 4.12: Peratus penurunan aktiviti air suapan dan perlakuan kawalan

SUM (°C)	Aktiviti air suapan	Aktiviti air kawalan	Peratus penurunan (%)
120		0.92 ± 0.04	5.15
140		0.88 ± 0.05	9.28
160	0.97 ± 0.06	0.81 ± 0.13	16.5
180		0.76 ± 0.02	21.6
200		0.68 ± 0.06	29.9

Berdasarkan Jadual 4.12, bacaan aktiviti air suapan adalah tinggi iaitu 0.97 ± 0.06 . Setelah suapan dikering sembur tanpa menggunakan MD, nilai aktiviti air menurun sebanyak 5.15 sehingga 29.9 peratus. Jadual 4.13 pula menunjukkan pola penurunan bacaan aktiviti air bagi serbuk dengan peningkatan SUM. Perbezaan bacaan antara suapan dan serbuk adalah sangat tinggi iaitu di antara 50.72% sehingga 74.23%. Ini menunjukkan bahawa SUM yang tinggi akan menyebabkan penurunan bacaan aktiviti air.

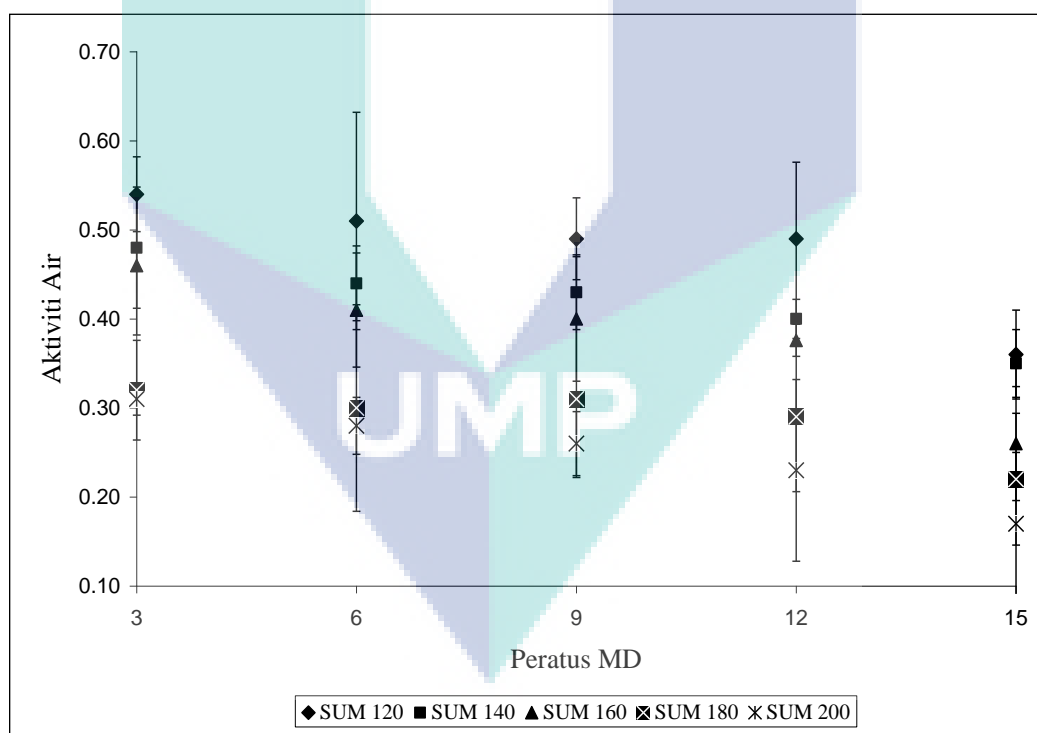
Jadual 4.13: Perbezaan aktiviti air suapan dengan bacaan purata perlakuan SUM

SUM (°C)	Aktiviti air suapan	Purata aktiviti air serbuk	Perbezaan (%)
120		0.48	-50.72
140		0.42	-56.70
160	0.97 ± 0.06	0.38	-60.70
180		0.29	-70.31
200		0.25	-74.23

Keputusan yang sama dilaporkan dalam kajian Fernández-Pérez et al. (2004) yang mencadangkan SUM yang tinggi meningkatkan kadar penyejatan kelembapan dan akan memberi kesan baik kepada bacaan aktiviti air. Pada SUM yang rendah, kadar penyejatan kelembapan juga akan menjadi rendah dan menghasilkan serbuk dengan bacaan aktiviti air yang tinggi.

(b) Kesan penambahan MD

Aktiviti air serbuk rosol-nanas menunjukkan pola menurun dengan peningkatan peratus MD seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.21. Aktiviti air yang paling tinggi adalah bagi perlakuan dengan 3% MD iaitu 0.54 ± 0.04 bagi SUM 120 °C; 0.48 ± 0.07 bagi SUM 140 °C; 0.46 ± 0.08 bagi SUM 160 °C; 0.32 ± 0.06 bagi SUM 180 °C dan 0.31 ± 0.02 bagi SUM 200 °C. Bagi 12% MD, aktiviti air adalah 0.49 ± 0.09 bagi SUM 120 °C; 0.40 ± 0.02 bagi SUM 140 °C; 0.38 ± 0.02 bagi SUM 160 °C; 0.29 ± 0.08 bagi SUM 180 °C dan 0.23 ± 0.10 bagi SUM 200 °C. Manakala, aktiviti air paling rendah adalah bagi perlakuan dengan 15% MD iaitu 0.36 ± 0.05 bagi SUM 120 °C; 0.35 ± 0.04 bagi SUM 140 °C; 0.26 ± 0.06 bagi SUM 160 °C; 0.22 ± 0.07 bagi SUM 180 °C dan 0.17 ± 0.08 bagi SUM 200 °C. Keputusan ini membuktikan bahawa peratus MD yang tinggi akan menyebabkan penurunan aktiviti air dalam serbuk yang terhasil.



Rajah 4.21: Graf aktiviti air bagi serbuk dengan 3% - 15% MD

Jadual 4.14: Perbezaan aktiviti air suapan dengan perlakuan 3% - 15% MD

MD (%)	Aktiviti air suapan	Purata aktiviti air	Perbezaan (%)
0		0.81	16.50
3		0.42	56.50
6	0.97 ± 0.02	0.39	60.00
9		0.38	61.00
12		0.36	63.20
15		0.27	72.00

Jadual 4.14 menunjukkan perbezaan antara nilai purata aktiviti air perlakuan dan suapan. Tanpa kehadiran MD, perbezaan bacaan adalah rendah iaitu 16.5% sahaja. Manakala, dengan penambahan 3% MD, bacaan aktiviti air menunjukkan penurunan yang banyak iaitu sebanyak 56.5%. Begitulah seterusnya dengan peningkatan peratusan MD, bacaan aktiviti air semakin rendah menghampiri kosong menunjukkan serbuk yang terhasil adalah stabil. Ini juga jelas membuktikan bahawa MD membantu menurunkan bacaan aktiviti air (Nonaka, 1997) dengan memberikan tekanan yang tinggi kepada sistem. Kajian yang terperinci dijalankan oleh Vassilis et al. (1998) megesahkan hipotesis Nonaka et al. (1997) bahawa MD yang bertindak sebagai lapisan pelindung yang melindungi serbuk memberi tekanan osmosis kepada sistem yang dilingkarinya.

Selain itu, peningkatan nilai aktiviti air berkadar terus dengan peningkatan kemusnahan antosianin (Kearsley dan Rodriguez, 1981). Ini bermakna, semakin tinggi nilai antosianin dalam serbuk (pengekalan antosianin), maka nilai aktiviti air akan semakin menghampiri kosong. Manakala, jika nilai antosianin dalam serbuk adalah rendah (berlaku pemusnahan sel antosianin), maka nilai aktiviti air akan semakin menghampiri 1. Jadual 4.15 menunjukkan perbandingan nilai antosianin dan bacaan aktiviti air. Secara keseluruhannya, semakin tinggi SUM dan peratus MD, bacaan aktiviti air akan menurun manakala nilai antosianin akan meningkat. Seperti yang telah dibincangkan, SUM tidak memberi kesan secara langsung kepada nilai antosianin sekiranya SUM adalah lebih rendah daripada 180 °C. Kehadiran MD pula telah melingkari serbuk dan menghalang tindak balas pemusnahan antosianin justeru menghasilkan serbuk yang stabil.

Jadual 4.15: Nilai komparatif aktiviti air dan antosianin

SUM (°C)	MD (%)	Aktiviti Air	Nilai antosianin (g/100g)
120	3	0.54 ± 0.04	1.52 ± 0.05
	6	0.51 ± 0.12	1.68 ± 0.25
	9	0.49 ± 0.05	1.73 ± 0.13
	12	0.49 ± 0.09	1.84 ± 0.10
	15	0.36 ± 0.05	1.93 ± 0.16
180	3	0.32 ± 0.06	1.92 ± 0.04
	6	0.30 ± 0.12	2.14 ± 0.17
	9	0.31 ± 0.09	2.21 ± 0.17
	12	0.29 ± 0.08	2.32 ± 0.17
	15	0.22 ± 0.07	2.28 ± 0.17
200	3	0.31 ± 0.02	1.94 ± 0.09
	6	0.28 ± 0.03	2.03 ± 0.22
	9	0.26 ± 0.04	2.11 ± 0.10
	12	0.23 ± 0.10	2.19 ± 0.08
	15	0.17 ± 0.08	2.06 ± 0.11

Penurunan aktiviti air berkaitan dengan penurunan kadar pemusnahan bagi antosianin iaitu pengidratan kromofor antosianin kepada pigmen yang tidak berwarna menjadi perlahan serentak dengan pengurangan kandungan air. Menurut Markakis et al. (1982), serbuk antosianin kering ($a_w \leq 0.3$) adalah lebih stabil pada suhu bilik untuk tempoh beberapa tahun apabila disimpan dalam bekas yang tertutup dan kedap udara.

Kajian oleh Cai et al. (1998) dan Garzon dan Wrolstad (2001) turut membuktikan peningkatan kadar tindakbalas pemusnahan antosianin dengan peningkatan aktiviti air. Keputusan yang sama turut dicatatkan oleh Amr dan al-Tamimi (2007) yang mengesahkan bahawa aktiviti air dalam suatu sistem makanan yang mengandungi antosianin mencetus degradasi pigmen antosianin yang stabil kepada struktur karbinol-bes yang tidak berwarna. Kearsley dan Rodriguez (1981) mencadangkan degradasi pigmen antosianin berlaku mengikut mekanisme tindak balas kinetik peringkat pertama dan kestabilannya meningkat dengan penyusutan aktiviti air. Proses degradasi ini telah diterangkan dengan lanjut dalam Rajah 4.9.

Keputusan yang sama dilaporkan oleh kajian-kajian terdahulu berkenaan pengaruh aktiviti air terhadap pigmen-pigmen warna dalam tumbuhan seperti klorofil, karotenoid dan betalain. Kajian Lajollo dan Marquez (1982) telah membuktikan bahawa kadar degradasi klorofil meningkat dengan kenaikan aktiviti air dalam sistem makanan. Pigmen klorofil mudah terurai kepada feofitin dan pirofeofitin semasa pemanasan (Schwartz dan Lorenzo, 1991) dan kerana tindak balas tersebut melibatkan air serta dimangkinakan oleh asid (Dutton et al., 1943), maka terbukti aktiviti air mempengaruhi kadar degradasi klorofil. Dalam kajian yang lain, didapati pigmen karotenoid juga mudah musnah akibat daripada pengoksidaan berenzim dan bukan berenzim yang dipengaruhi oleh kehadiran air.

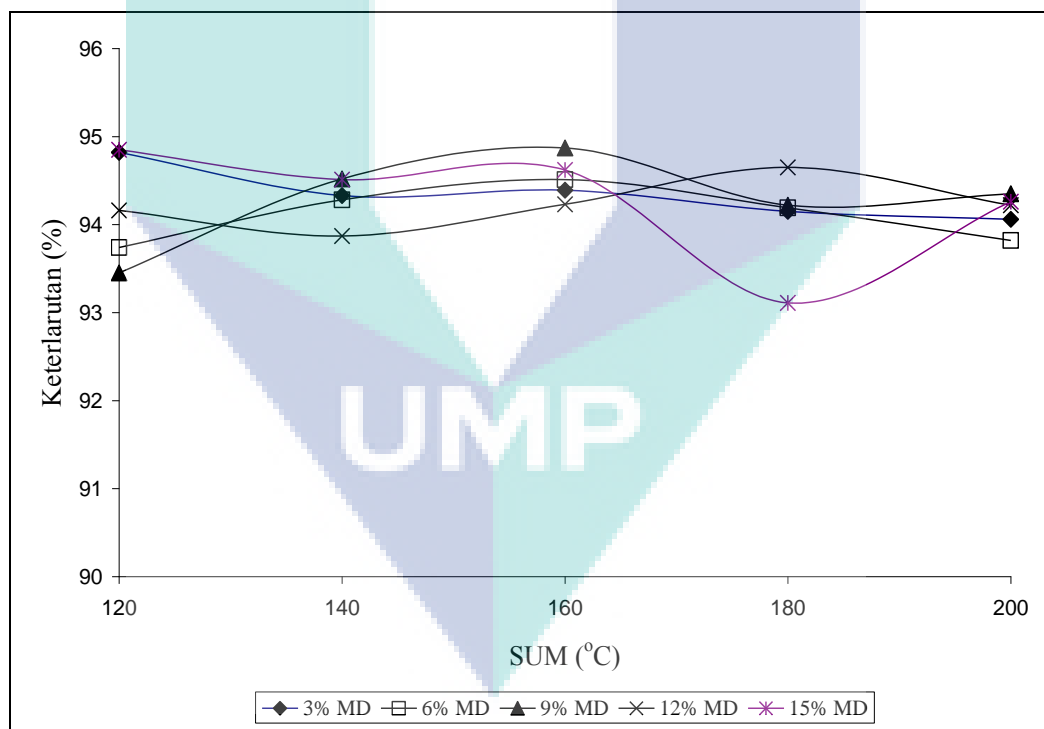
Keputusan yang baik dengan bacaan aktiviti air yang rendah adalah pada SUM 180 °C dan SUM 200 °C serta dengan penambahan 12% dan 15% MD. SUM yang tinggi akan merendahkan bacaan aktiviti air manakala SUM yang rendah akan meninggikan bacaannya. Perlakuan yang ditambah MD yang tinggi juga akan merendahkan bacaan aktiviti air serbuk.

4.4.8 Keterlarutan dan kelarutan

Keterlarutan serbuk merujuk kepada sifat boleh larut serbuk samada secara separa atau sepenuhnya di dalam air. Kadar kelarutan pula merujuk kepada kemampuan serbuk untuk melarut sepenuhnya menjadi cecair. Semakin tinggi nilai pelarutan bermaksud serbuk semakin mudah untuk melarut dan melepasi bukaan ayak 125 µm. Kadar kelarutan dan keterlarutan yang baik adalah relatif dengan ketinggian kualiti serbuk.

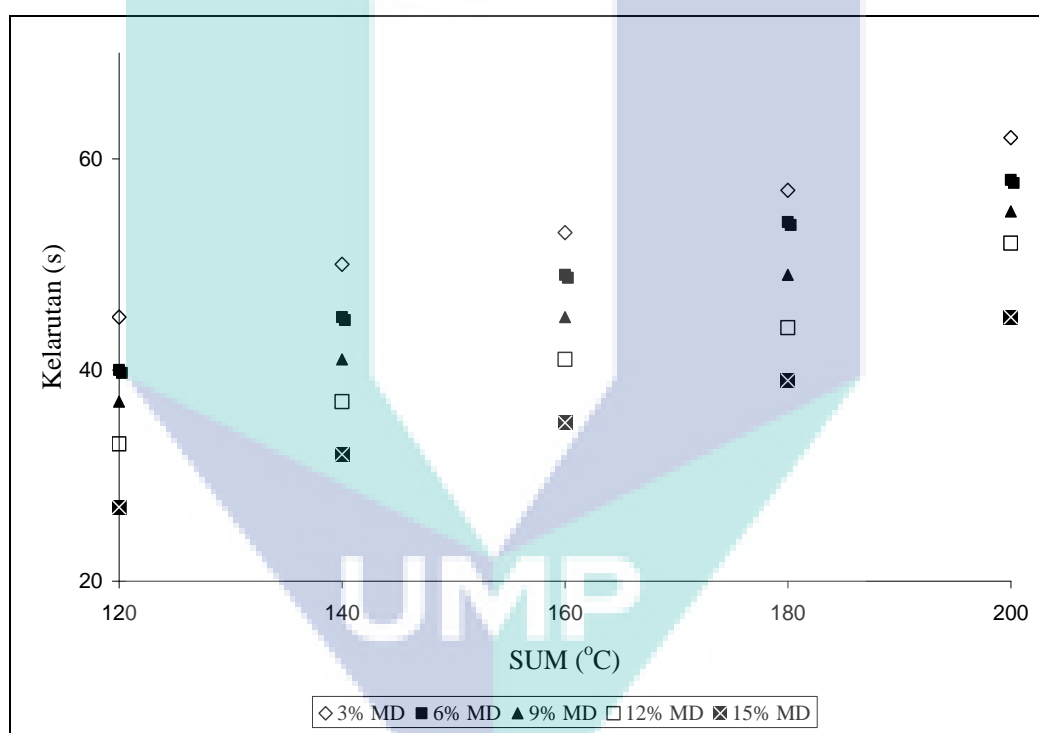
(a) **Kesan SUM**

Rajah 4.22 menunjukkan peratus keterlarutan serbuk di dalam air adalah sangat tinggi iaitu melebihi 93% bagi semua perlakuan SUM. Serbuk yang terhasil melarut hampir sepenuhnya sekiranya dilarutkan menunjukkan bahawa nilai SUM tidak memberi kesan yang signifikan kepada keterlarutan serbuk. Keputusan yang sama dilaporkan oleh Wipavadee et al. (2008) yang merekodkan peratus keterlarutan yang melebihi 90% bagi serbuk oren yang dikering sembur pada SUM 130 °C hingga 170 °C. Menurut Hoge Kamp dan Schubert (2003), serbuk yang ideal sekiranya dilarutkan di dalam air akan basah dengan segera secara keseluruhan dan melarut tanpa sebarang baki tergumpal. Oleh itu, keputusan kajian ini menunjukkan bahawa serbuk yang terhasil menghampiri ciri-ciri serbuk ideal kerana sifat serbuk yang segera membasah dan keterlarutannya yang tinggi.



Rajah 4.22: Keterlarutan serbuk rosel-nanas pada semua perlakuan

Kadar kelarutan yang paling baik merujuk kepada perlakuan yang paling cepat untuk melarut, manakala kadar kelarutan yang paling rendah merujuk kepada perlakuan yang paling perlahan untuk melarut di dalam air. Berdasarkan Rajah 4.23, kadar kelarutan yang paling baik adalah bagi perlakuan dengan SUM 120 °C iaitu 45 s bagi 3% MD; 40 s bagi 6% MD; 37 s bagi 9% MD; 33 s bagi 12% MD dan 27 s bagi 15% MD. Manakala, kadar kelarutan dicatatkan paling rendah bagi perlakuan dengan SUM 200 °C iaitu 62 s bagi 3% MD; 58 s bagi 6% MD; 55 s bagi 9% MD; 52 s bagi 12% MD dan 45 s bagi 15% MD. Keputusan ini membuktikan bahawa SUM yang tinggi akan menyebabkan serbuk melarut dengan kadar yang perlahan, manakala pada SUM yang rendah, kadar kelarutan serbuk adalah semakin tinggi.



Rajah 4.23: Kadar kelarutan serbuk bagi peratus MD yang berbeza

Keputusan yang sama dicatatkan oleh Quek et al. (2007) dan Srzednicki et al. (2009). Berdasarkan keputusan kajian ini, dapat disimpulkan bahawa kadar kelarutan serbuk adalah berkaitan dengan kandungan kelembapan serbuk. Menurut Quek et al. (2007) pada SUM yang rendah, kadar penyejatan adalah rendah dan menghasilkan serbuk yang mengandungi kandungan air yang tinggi. Serbuk dengan kandungan air yang tinggi akan lebih mudah untuk melarut di dalam air berbanding serbuk dengan

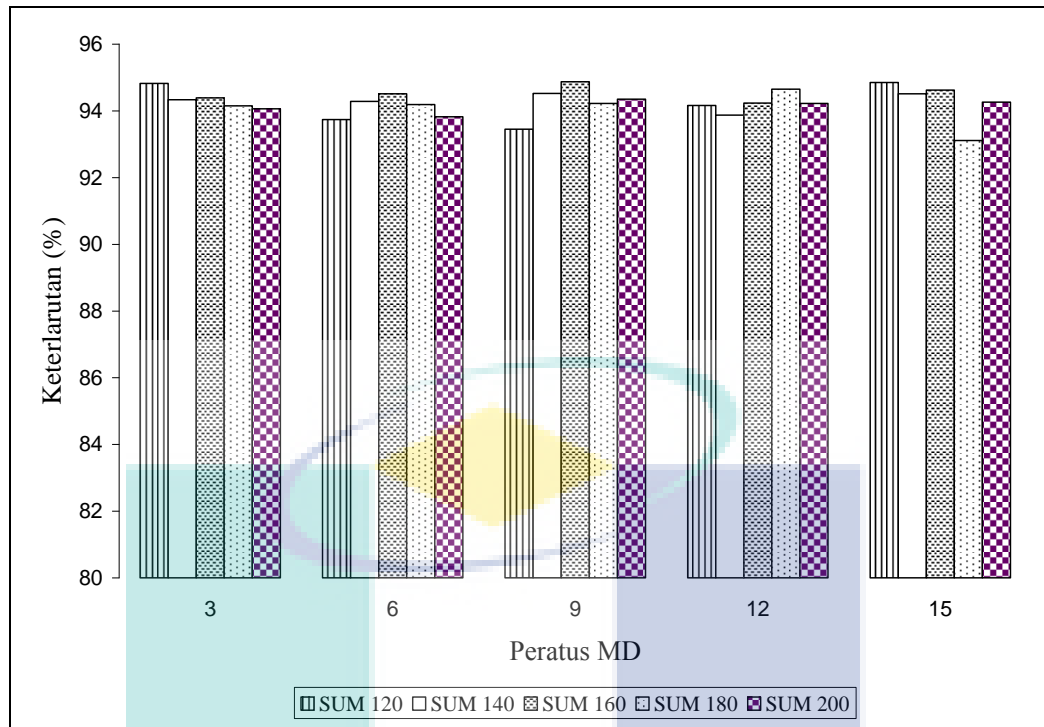
kandungan air yang rendah. Pada SUM yang tinggi, kadar penyejatan semasa pengeringan sembur adalah tinggi dan serbuk yang terhasil mempunyai kandungan air yang rendah, maka serbuk yang terhasil melarut dengan perlahan di dalam air (Chengeni dan Ghobadian, 2007).

Quek et al. (2007) mencadangkan bahawa pada SUM yang tinggi, satu lapisan yang keras akan terbentuk mengelilingi partikel serbuk. Lapisan tersebut akan menghalang molekul air daripada keluar masuk ke dalam partikel dan ini akan menyebabkan pengurangan kebasahan serbuk dan serbuk akan semakin sukar melarut di dalam air.

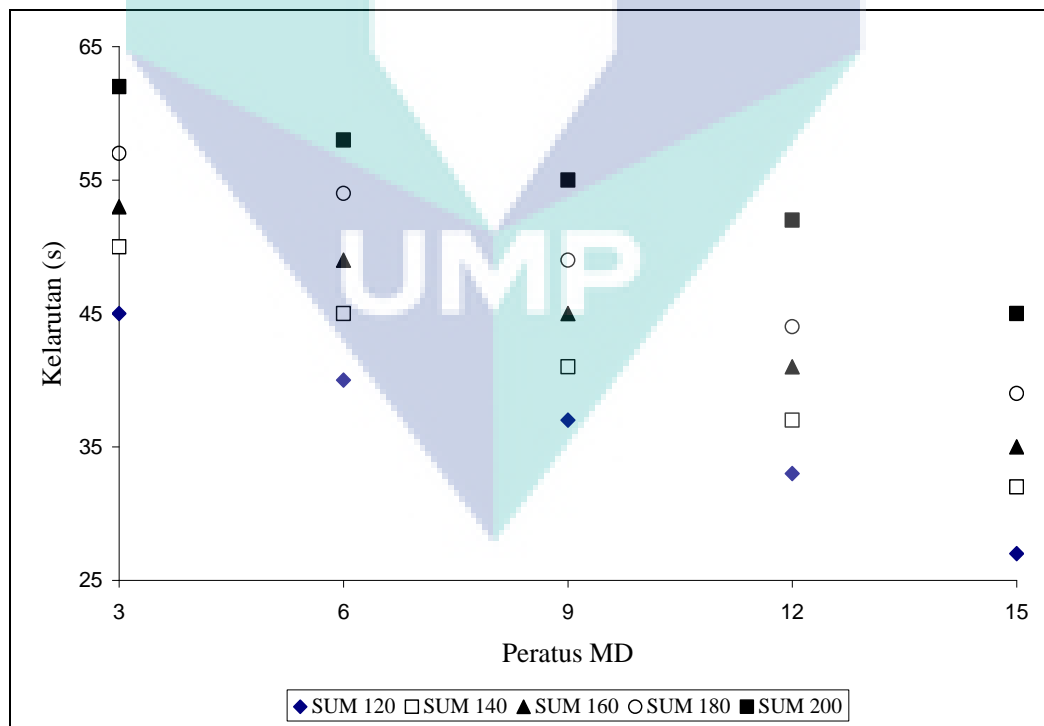
(b) Kesan Penambahan MD

Rajah 4.24 menunjukkan peratus keterlarutan serbuk melawan peratus MD yang digunakan. Peratus keterlarutan serbuk yang terhasil adalah tinggi disebabkan kehadiran MD yang sememangnya sangat larut di dalam air.

Rajah 4.25 menunjukkan peningkatan peratusan MD yang ditambah ke dalam suapan asal akan menyebabkan kadar kelarutan meningkat. Bagi semua perlakuan MD pola peningkatan kadar kelarutan ini dicatatkan. Kadar kelarutan yang paling baik adalah bagi perlakuan yang ditambah dengan 15% MD iaitu 27 s pada SUM 120 °C; 32 s pada SUM 140 °C; 35 s pada SUM 160 °C; 39 s pada SUM 180 °C dan 45 s pada SUM 200 °C. Manakala, kadar kelarutan yang paling rendah adalah bagi perlakuan yang ditambah 3% MD iaitu 45 s pada SUM 120 °C; 50 s pada SUM 140 °C; 53 s pada SUM 160 °C; 57 s pada SUM 180 °C dan 62 s pada SUM 200 °C. Keputusan ini membuktikan bahawa peratus MD yang tinggi akan menyebabkan serbuk melarut dengan sangat baik, manakala perlakuan dengan MD yang lebih rendah, kadar kelarutan serbuk adalah perlahan.



Rajah 4.24: Peratus keterlarutan serbuk bagi semua perlakuan MD



Rajah 4.25: Kadar kelarutan serbuk bagi semua perlakuan MD

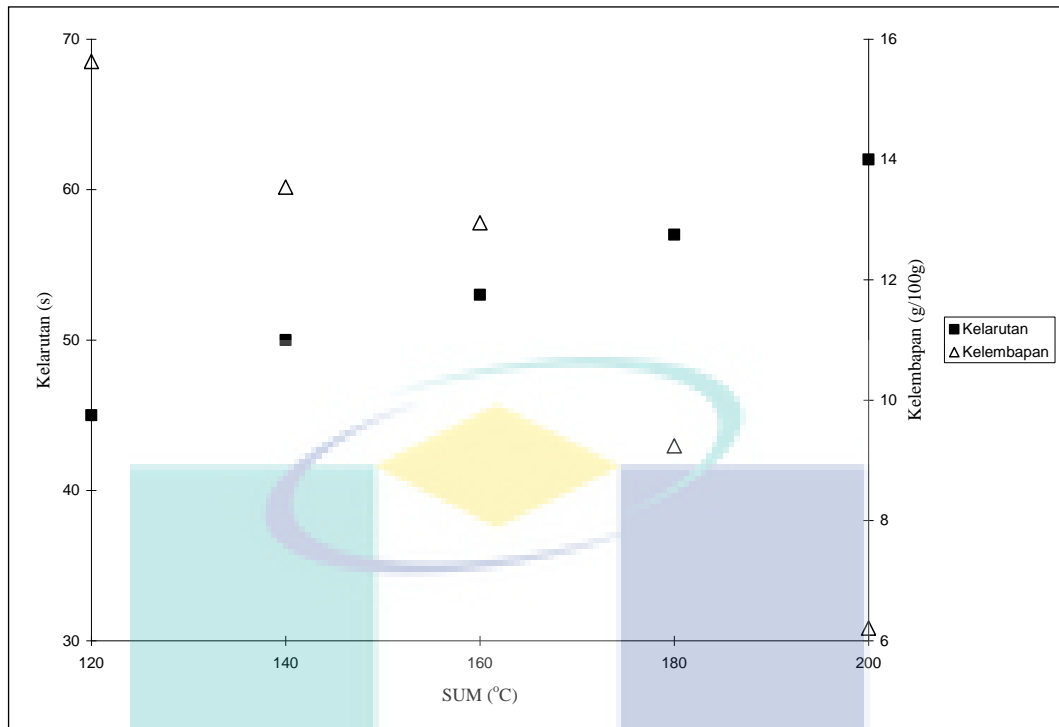
Keputusan yang sama dilaporkan oleh Cano-Chauca et al. (2005) yang merekodkan peningkatan kadar kelarutan apabila perlakuan ditambah MD. Menurut Cano-Chauca (2005) MD seringkali digunakan sebagai pembawa dalam pengeringan sembur kerana sifat fizikalnya yang sangat larut di dalam air. Oleh itu, serbuk yang terhasil dengan peningkatan peratus MD lebih mudah untuk melarut kerana sifat MD itu sendiri. Penambahan MD memberi kesan kepada peratus keterlarutan serbuk. Peratus keterlarutan serbuk akan meningkat sekiranya terdapat penambahan MD.

Kadar kelarutan serbuk dipengaruhi oleh kandungan air yang terkandung di dalam serbuk. Sekiranya kandungan air serbuk adalah tinggi, maka ia akan senang melarut di dalam air dan begitulah sebaliknya. Rajah 4.26 dan Rajah 4.27 menunjukkan perbandingan nilai kandungan air dan kadar keterlarutan bagi perlakuan 3% MD dan 12% MD. Didapati, kadar kelarutan adalah tinggi bagi SUM yang rendah kerana kandungan airnya yang tinggi. Bagi SUM yang tinggi, kadar kelarutan adalah rendah kerana kandungan kelembapannya adalah rendah.

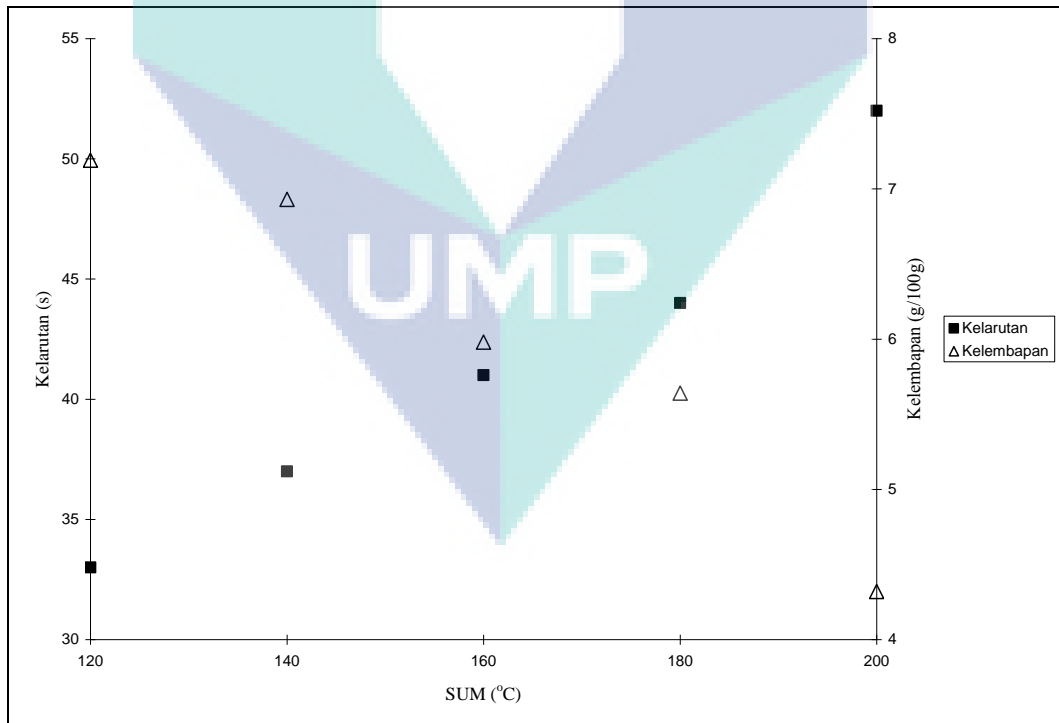
Rajah 4.28 dan Rajah 4.29 pula menunjukkan perbandingan nilai kandungan air dan kadar keterlarutan bagi perlakuan SUM 120 °C dan 160 °C. Perlakuan dengan peratus MD yang tinggi akan mempunyai kandungan air yang rendah namun semakin mudah melarut kerana sifat fizikal MD yang mudah melarut di dalam air.



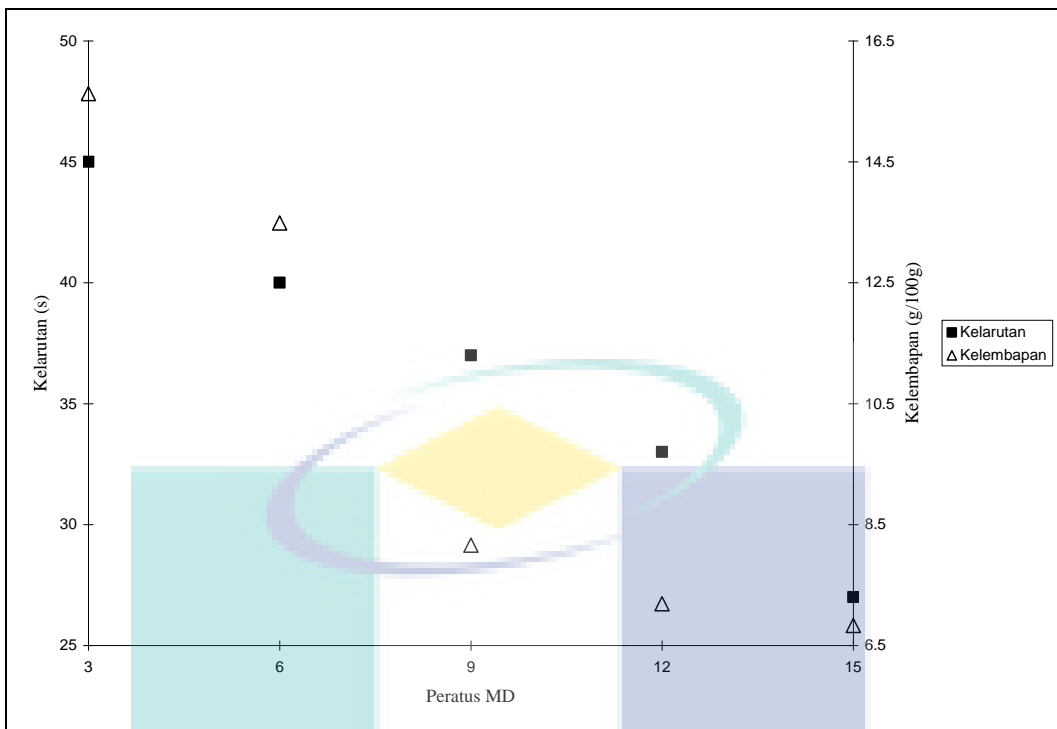
UMP



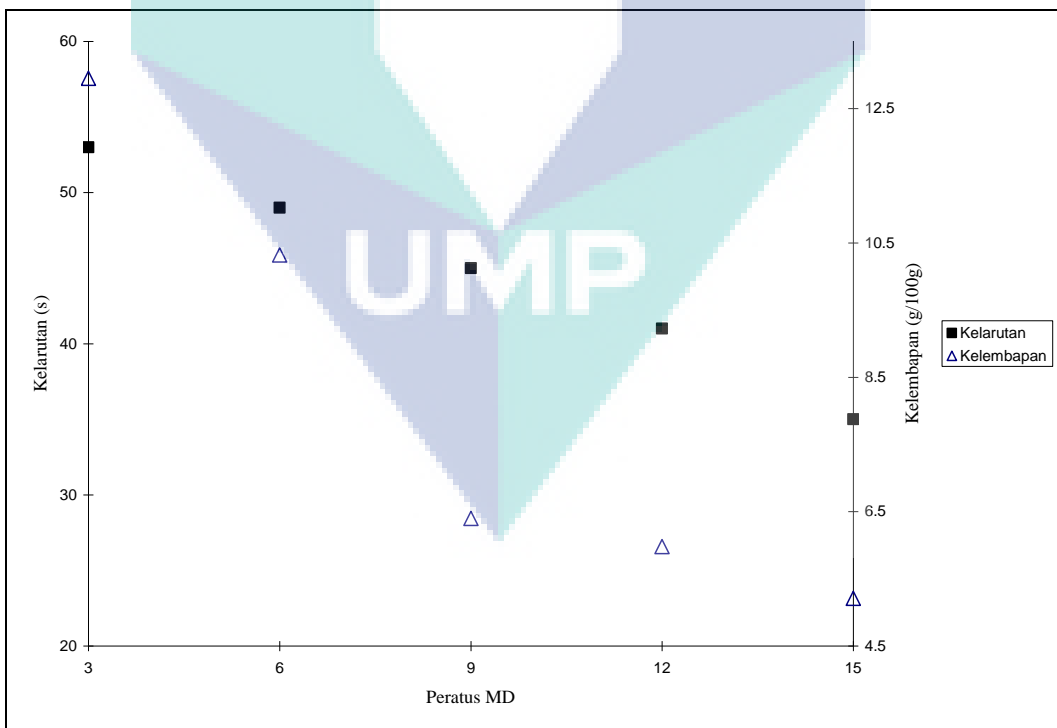
Rajah 4.26: Kadar kelenjutan dan kelembapan bagi 3% MD



Rajah 4.27: Kadar kelenjutan dan kelembapan bagi 12% MD



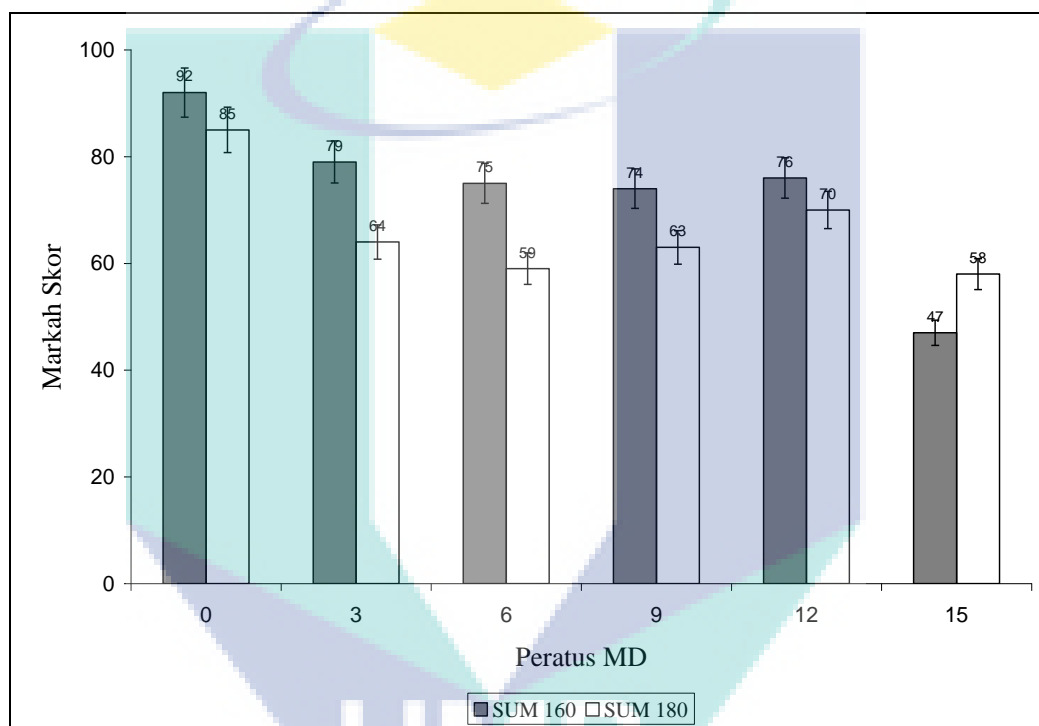
Rajah 4.28: Kadar kelarutan dan kelembapan bagi SUM 120 °C



Rajah 4.29: Kadar kelarutan dan kelembapan bagi SUM 160 °C

4.5 KEBOLEHTERIMAAN SERBUK

Ujian penerimaan ringkas dilakukan terhadap 100 responden bagi perlakuan-perlakuan SUM 160 °C dan 180 °C kerana merupakan serbuk yang mempunyai ciri-ciri fizikokimia yang terbaik. Keputusan atau skor bagi setiap perlakuan adalah seperti Rajah 4.30. Perlakuan kawalan (0% MD) turut dikaji sebagai asas penentuan penerimaan pengguna.



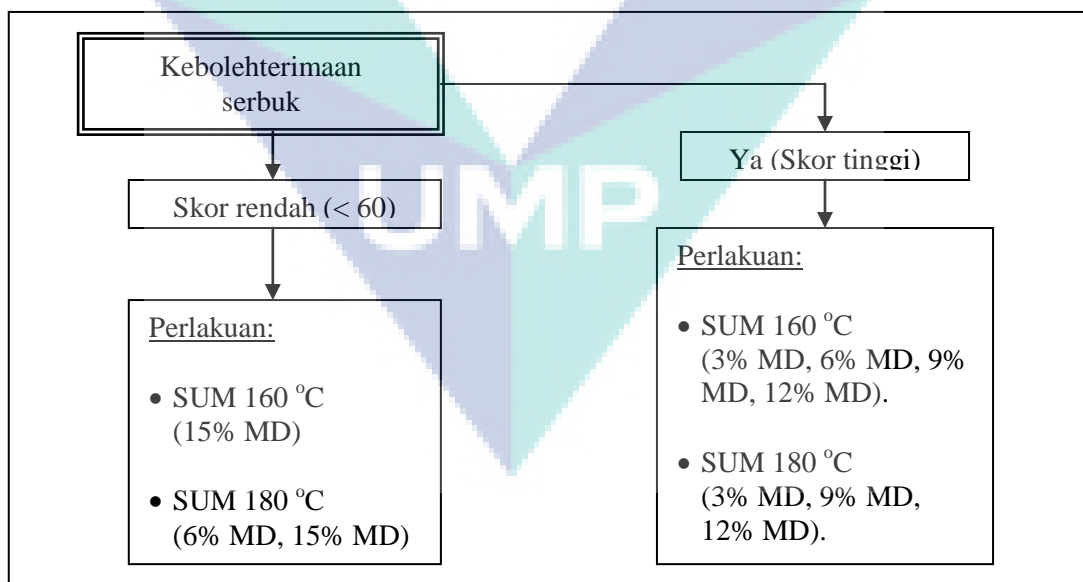
Rajah 4.30: Skor kebolehterimaan serbuk bagi SUM 160 °C dan SUM 180 °C

Perlakuan kawalan adalah yang paling diterima iaitu dengan mendapat skor sebanyak 92 bagi SUM 160 °C dan 85 bagi SUM 180 °C. Ini adalah kerana perlakuan kawalan mempunyai kandungan pepejal larut bahan utama yang paling tinggi yang memberikan rasa yang amat baik berbanding perlakuan-perlakuan lain yang mempunyai kandungan MD yang tinggi.

Perlakuan dengan SUM 160 °C menunjukkan penerimaan pengguna yang baik dengan mendapat skor melebihi 60 kecuali pada perlakuan 15% MD (skor 47). Oleh itu, perlakuan SUM 160 °C adalah paling diterima dan paling menghampiri skor perlakuan kawalan. Manakala, bagi perlakuan dengan SUM 180 °C pula, skor yang diterima adalah baik dengan semua skor melebihi 60 kecuali perlakuan 6% MD (skor 59) dan 15% MD (skor 58).

Penambahan MD tidak memberikan kesan yang ketara terhadap penerimaan serbuk bagi setiap perlakuan. Namun demikian, bagi semua perlakuan 15% MD, skor yang diterima adalah lebih rendah berbanding perlakuan-perlakuan MD yang lain dalam kelompok SUM yang sama.

Keputusan ini membuktikan pengeringan sembur pada SUM 160 °C dan 180 °C menghasilkan serbuk yang boleh diterima dari sudut rasa. Manakala, penambahan MD sehingga 12% juga menghasilkan serbuk yang diterima pengguna. Penambahan MD melebihi 15% tidak digemari responden dengan semua perlakuan 15% MD mendapat skor terendah dalam kumpulan SUM masing-masing (Rajah 4.31).



Rajah 4.31 : Carta kebolehterimaan serbuk rosel-nanas

4.6 KESIMPULAN

Menerusi kajian ini, ekstrak rosel-nanas telah dihasilkan melalui teknik kukus air dan pengisaran. Kemudian, suapan berjaya disediakan dengan menambah MD ke dalam ekstrak. Suapan dianalisis sebelum dienkapsulasi melalui teknik pengeringan sembur. Pengeringan sembur dilakukan bagi 30 perlakuan dengan perlakuan tanpa ditambah MD sebagai kawalan. Serbuk rosel-nanas terhasil bagi semua perlakuan kecuali kawalan. Serbuk yang dihasilkan mempunyai ciri-ciri umum yang pelbagai. Analisis serbuk rosel-nanas menunjukkan perlakuan dengan SUM 180 °C dan 12% MD mempunyai ciri-ciri umum yang baik, kandungan asid askorbik yang tinggi dan kandungan antosianin yang tinggi. Selain itu, serbuk tersebut mempunyai kandungan kelembapan yang rendah, kehidroskopikan yang rendah dan aktiviti airnya juga rendah. Serbuk pada perlakuan dengan SUM 180 °C dan 12% MD juga mudah melarut dan kadar keterlarutannya adalah tinggi. Bagi ujian penerimaan, penentuan melibatkan atribut rasa menunjukkan serbuk pada perlakuan SUM 180 °C dan 12% MD mendapat markah skor yang tinggi iaitu 70. Justeru, serbuk pada perlakuan tersebut mempunyai ciri-ciri fizikokimia yang baik dan diterima pengguna.



UMP

BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

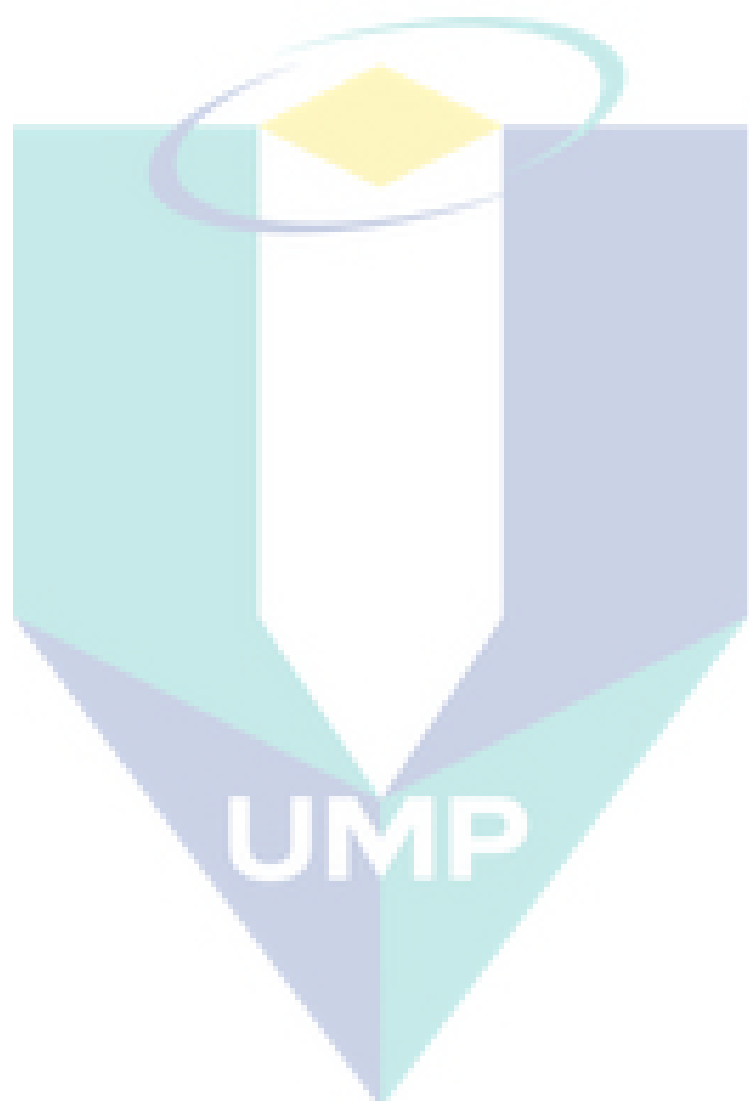
5.1 PENGENALAN

Bab ini membincangkan rumusan keseluruhan kajian yang dijalankan berdasarkan objektif yang ditetapkan. Ia merupakan rumusan terhadap penghasilan ekstrak rosel-nanas serta analisisnya dan penghasilan serbuk rosel-nanas dan ciri-ciri serbuk tersebut. Di samping itu, terdapat beberapa cadangan kajian lanjutan yang boleh dijalankan dalam kajian-kajian akan datang.

5.2 RUMUSAN KESELURUHAN KAJIAN

Berdasarkan kajian penghasilan ekstrak rosel-nanas dan analisis fizikokimia suapan, beberapa kesimpulan yang dapat dilakukan adalah seperti berikut:

- a) Kaedah ekstrak melalui kaedah kukus air telah berjaya menghasilkan ekstrak yang berwarna merah pekat. Nanas yang telah dibuang empulur dipotong dan dikisar menggunakan pengisar jus elektronik bagi memperoleh jus nanas. Dalam pengisaran ini, bahagian pulpa dan jus nanas terasing. Ekstrak rosel dan jus nanas kemudiannya dituras dan dicampurkan dalam nisbah 50:50 (i/i).
- b) Suapan kepada proses pengeringan sembur telah dihasilkan dengan menambahkan ekstrak rosel-nanas dengan MD sebanyak (3% – 5%). Perlakuan kawalan (tanpa MD) juga disediakan sebagai asas ujikaji.



- c) Kandungan asid askorbik bagi suapan adalah 143.30 ± 0.87 mg/100 g kaliks, kandungan antosianinnya adalah 2.76 ± 0.12 g/100 g kaliks dan aktiviti airnya adalah 0.97 ± 0.06 . Suapan berwarna merah pekat dan mempunyai bau kemasaman nanas dan bau rosel yang sederhana.

Berdasarkan kajian penghasilan dan analisis fizikokimia serbuk rosel-nanas, beberapa kesimpulan yang dapat dilakukan adalah seperti berikut:

- a) Suapan berjaya dikeringkan melalui teknik pengeringan sembur yang ditetapkan parameter suhu udara keluar pada $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kadar pengatoman pada 25000 rpm. Proses pengeringan mengambil masa selama 20 – 30 minit untuk menghasilkan serbuk secara optimum.
- b) Parameter SUM ($120\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $200\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan penambahan MD memberi kesan atas penghasilan ciri-ciri fizikokimia serbuk.
- c) Dari sudut penghasilan, SUM $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ menghasilkan serbuk yang terkumpul dalam kuantiti terbanyak (melebihi 60%). Ini kerana semakin tinggi SUM, kadar pengeringan akan meningkat dan haba yang dibekalkan adalah semakin tinggi. Oleh itu, serbuk kurang melekat pada ruang pengeringan terhasil dan meningkatkan peratus hasil. Pada SUM $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, didapati peratus hasil menurun kerana serbuk melekat pada ruang pengeringan dan bersifat melekit kerana serbuk kembali mencair dan bersifat melekit. Perlakuan kawalan (0% MD) tidak menghasilkan serbuk setelah dikering sembur bagi setiap SUM. Keputusan yang baik dicatatkan bagi suapan yang ditambah peratus MD yang tinggi kerana semakin tinggi peratus MD yang ditambah ke dalam suapan menyebabkan serbuk yang terhasil adalah kurang melekat pada dinding ruang pengeringan dan seterusnya meningkatkan pengumpulan serbuk. Selain itu, penambahan agen pengkapsul (MD) meningkatkan kandungan pepejal larut suapan. Oleh itu, suapan yang mempunyai kandungan pepejal larut yang tinggi tersebut berupaya menghasilkan serbuk. Manakala, tanpa penambahan MD, kandungan pepejal larut suapan adalah rendah dan tidak berupaya menyerbuk semasa pengeringan sembur.

- d) Melalui pemerhatian ke atas ciri-ciri umum serbuk, hasil pengeringan yang baik didapati pada SUM 160 °C dan 180 °C kerana mempunyai warna merah yang baik, kurang melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik (*fine powder*) dan mempunyai bau yang baik. Pada SUM yang rendah serbuk melekat pada ruang pengeringan dan kurang penghasilannya, manakala SUM yang lebih tinggi menghasilkan serbuk yang kasar dan berbau tengik.
- e) Selain daripada itu, penambahan 12% MD memberikan keputusan ciri-ciri umum paling baik kerana menghasilkan serbuk dengan warna merah pekat, kurang melekat pada dinding ruang pengeringan, serbuk yang baik dan halus dan mempunyai bau yang baik. Peratus MD yang lebih rendah menghasilkan serbuk yang melekit dan berketul-ketul, manakala peratus MD yang lebih tinggi memucatkan warna merah serbuk dan kurang beraroma.
- f) Bagi penilaian ciri-ciri fizikokimia pula, kandungan asid askorbik semua perlakuan mencatatkan penurunan di antara 22.42% sehingga 34.29% setelah pengeringan sembur (min. 80.0 mg/100g; maks. 125.0 mg/100g) berbanding 143.3 ± 0.87 mg/100 g bagi kawalan. Semasa pengeringan, tenaga yang sangat tinggi dibekalkan ke dalam sistem telah menyebabkan peningkatan kadar tindakbalas kimia yang meningkatkan kadar pengoksidaan asid askorbik. Dengan penambahan MD, pengekalan asid askorbik akan meningkat kerana MD berperanan sebagai agen pengkapsul yang menyalut asid askorbik semasa pengeringan semburan.
- g) Bagi analisis kandungan antosianin, keputusan menunjukkan bahawa nilai antosianin tidak dipengaruhi oleh peningkatan SUM kerana secara relatifnya nilai antosianin mempunyai kestabilan yang tinggi pada suhu yang tinggi sekiranya tempoh pemanasan adalah singkat. Berlaku pengurangan kehilangan antosianin bagi perlakuan yang semakin tinggi peratus MD (3% – 15% MD; 56.52 – 73.33% pengekalan antosianin) kerana ia memperlambatkan kadar penghidratan kromofor antosianin kepada pigmen yang tidak berwarna yang mana ia merupakan satu tindak balas pemusnahan antosianin.

- h) Kehigroskopikan serbuk adalah sangat berkaitan dengan kandungan kelembapannya. Peningkatan kandungan kelembapan serbuk akan menghasilkan serbuk yang sangat higroskopik. Ini kerana, semasa pengeringan sembur dengan SUM yang tinggi, air yang terkandung di dalam suapan akan meruap dan serbuk yang terhasil mempunyai kandungan kelembapan yang rendah. Ia menghasilkan serbuk yang mempunyai kapasiti penyerapan kelembapan persekitaran yang rendah. Oleh itu, serbuk tersebut dikatakan kurang higroskopik. Pada SUM yang rendah, kadar penyejatan air suapan adalah perlahan dan serbuk yang terhasil mempunyai kandungan kelembapan yang tinggi. Maka serbuk yang lebih higroskopik terhasil. Kehigroskopikan serbuk adalah rendah dengan peningkatan kandungan MD. Ini berikutan penambahan MD mengubah formulasi suapan kerana kehadiran gula berberat molekul rendah yang menyebabkan serbuk yang terhasil bersikap higroskopik dan melekit.
- i) Kandungan kelembapan serbuk menurun (6% MD; bacaan purata: 13.49 g/100g – 5.98 g/100g) dengan SUM yang tinggi kerana meningkatkan kadar pengeringan sekaligus akan menyebabkan pengurangan amaun air semasa pengeringan sembur. Dengan penambahan MD, kandungan kelembapan akan menurun kerana penambahan MD telah meningkatkan kandungan pepejal suapan dan mempunyai kandungan air yang rendah. Justeru, serbuk yang terhasil dengan peratus MD yang tinggi akan mempunyai nilai kandungan kelembapan yang rendah.
- j) Aktiviti air adalah parameter yang menentukan jangka hayat serbuk dan menentukan kualitinya kerana pembiakan mikrob adalah sangat relatif dengan nilai aktiviti air. Aktiviti air serbuk menurun dengan peningkatan SUM kerana kadar penyejatan kelembapan meningkat. Kajian ini menunjukkan bahawa serbuk yang terhasil mempunyai nilai aktiviti air di antara 0.17 ± 0.08 – 0.54 ± 0.04 dan menunjukkan bahawa semua perlakuan serbuk adalah stabil secara kimia. Keputusan kajian ini membuktikan bahawa peratus MD yang tinggi (3% – 15% MD; aktiviti air: 0.54 ± 0.04 – 0.17 ± 0.08) akan menyebabkan penurunan aktiviti air serbuk kerana MD bertindak sebagai lapisan pelindung yang melindungi serbuk dari sebarang tindakbalas kimia di dalam sistem makanan.

- k) Serbuk yang terhasil melarut hampir sepenuhnya ($> 93\%$) sekiranya dilarutkan di dalam air menunjukkan bahawa nilai SUM tidak memberi kesan yang signifikan kepada keterlarutan serbuk. Keputusan kajian ini menunjukkan bahawa serbuk yang terhasil menghampiri ciri-ciri serbuk ideal kerana sifat serbuk yang segera membasah dan keterlarutannya yang tinggi. Kelarutan serbuk adalah pada kadar yang rendah pada SUM yang tinggi (27 s – 45 s pada 120°C ; 45 s – 62 s pada 200°C) kerana pada SUM yang tinggi, kadar penyejatan adalah tinggi dan menghasilkan serbuk yang mengandungi kandungan air yang rendah. Serbuk dengan kandungan air yang rendah akan lebih sukar untuk melarut di dalam air berbanding serbuk dengan kandungan air yang tinggi. Peratus keterlarutan serbuk adalah tinggi iaitu melebihi 93% disebabkan kehadiran MD yang sememangnya sangat larut di dalam air. Peningkatan peratusan MD yang ditambah ke dalam suapan asal akan menyebabkan kadar kelarutan meningkat (3% MD, 45 s – 62 s; 15% MD, 27 s – 45 s) kerana sifat fizikal MD yang sangat larut di dalam air.

Berdasarkan kajian kebolehterimaan serbuk rosol-nanas, beberapa kesimpulan yang dapat dilakukan adalah seperti berikut:

- a) Dari sudut rasa, ujian penerimaan menunjukkan perlakuan kawalan adalah yang paling diterima iaitu dengan mendapat skor sebanyak 92 dan 85 masing-masing bagi SUM 160°C dan 180°C .
- b) Semua perlakuan 15% MD, skor yang diterima adalah lebih rendah berbanding perlakuan-perlakuan MD yang lain dalam kelompok SUM yang sama. Keputusan ini membuktikan penambahan MD sehingga 12% menghasilkan serbuk yang diterima. Penambahan MD melebihi mulai 15% tidak digemari responden dengan semua perlakuan 15% MD mendapat skor terendah dalam kumpulan SUM masing-masing.

Menerusi kajian ini, proses enkapsulasi serbuk melalui pengeringan sembur telah berjaya menghasilkan serbuk dengan ciri-ciri fizikokimia yang baik dan diterima pengguna. Kajian ini telah membuktikan bahawa kegunaan MD sebagai agen pengkapsul dalam penghasilan serbuk buah-buahan melalui kaedah kering sembur

adalah penting bagi mengekalkan nutrisi dan penghasilan serbuk yang baik (*fine powder*). Selain itu, kajian ini turut membuktikan gabungan buah-buahan dalam menghasilkan serbuk buah-buahan diterima oleh pengguna kerana rasa unik selain gabungan buah-buahan memberikan nilai tambah dari sudut nutrisi serbuk.

5.3 IMPLIKASI KAJIAN

Hasil kajian ini memberikan panduan dalam penentuan parameter optimum operasi alat pengering sembur bersaiz industri dalam menghasilkan serbuk rosel-nanas berkualiti tinggi. Seterusnya, kajian ini boleh dijadikan rujukan asas kepada perkembangan teknologi dan rekacipta alat pengering sembur.

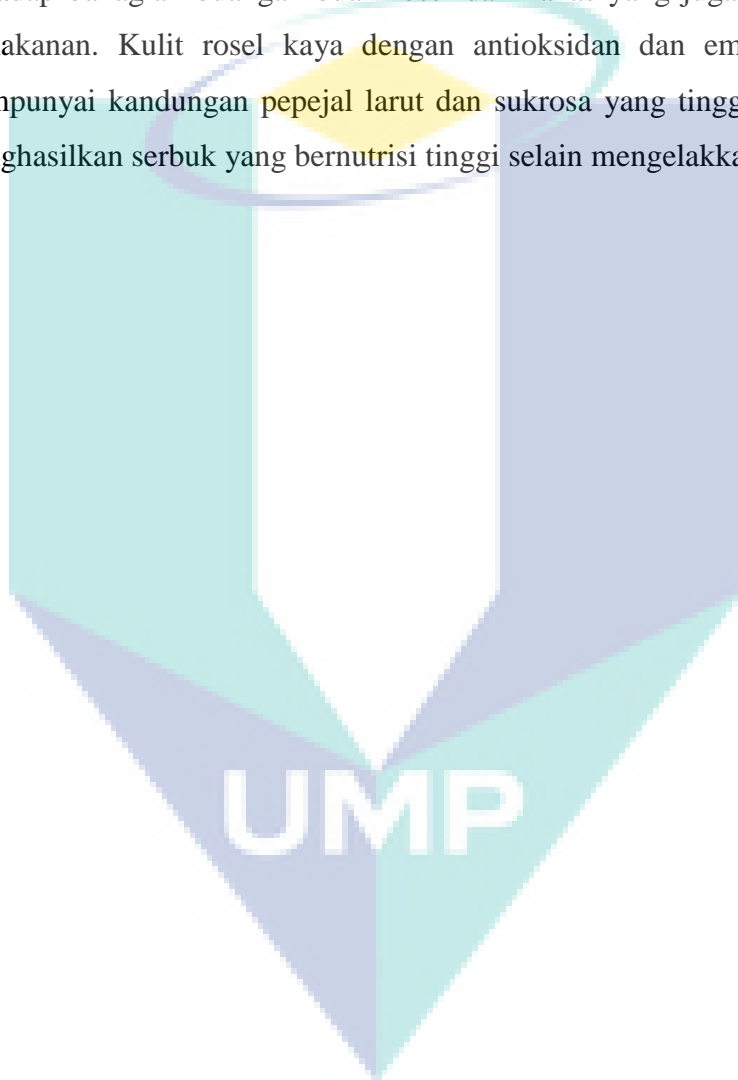
5.4 CADANGAN

Berdasarkan keseluruhan perbincangan kajian ini, dicadangkan kajian-kajian berikut sebagai kajian seterusnya.

- a) Kajian penyimpanan serbuk rosel-nanas dengan menambahkan agen anti-pengerakan yang sesuai ke dalam formulasi suapan bagi mengekalkan ciri serbuk yang baik (*fine powder*). Kajian juga boleh dilakukan bagi mengkaji kesan penambahan agen anti-pemerangan seperti natrium metabisulfit ke atas kualiti serbuk. Menerusi kajian tersebut dapat diketahui ketahanan serbuk sepanjang tempoh penyimpanan dan kualiti serbuk dapat ditentukan. Selain itu, selepas setiap tempoh penyimpanan, kajian sifat mekanik-kimia serbuk boleh dilakukan dengan memfokuskan kepada hubungan dan perubahan tenaga mekanikal dan tenaga kimia serbuk.
- b) Kajian interaksi antosianin dan asid askorbik dalam cecair suapan. Kajian tersebut boleh dijalankan melalui pelarasan parameter-parameter tertentu atau penambahan bahan perencat bagi mengurangkan kesan pelunturan antosianin akibat tindakbalas dengan asid askorbik. Selain itu, telah diketahui bahawa kestabilan antosianin yang terenkapsulasi adalah tinggi semasa penyimpanan namun tidak ada kajian yang meneliti perbezaan jenis bahan pengkapsul dan

kekuatannya yang optimum bagi mengurangkan pelunturan antosianin sepanjang tempoh penyimpanan yang panjang. Melalui gabungan kajian-kajian tersebut, serbuk dengan nilai pemakanan yang tinggi dan jangka hayat yang baik dapat dihasilkan.

- c) Selain daripada jus rosel-nanas, penyelidikan yang sama boleh dilakukan terhadap bahagian buangan buah rosel dan nanas yang juga kaya dengan nilai pemakanan. Kulit rosel kaya dengan antioksidan dan empulur nanas yang mempunyai kandungan pepejal larut dan sukrosa yang tinggi. Olahan ini akan menghasilkan serbuk yang bernutrisi tinggi selain mengelakkan pembaziran.



RUJUKAN

- Abdel-Mohsen S.I., Usama, I.S. dan Ahmed, F.A.F. 1996. Biosynthesis of cyclodextrin glucosyltransferase and β -cyclodextrin by *Bacillus macerans* 314 and properties of the crude enzyme. *The Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal*. **61**(3): 247-253.
- Abu-Tarboush, H.M., Ahmed, S.A.B. dan Al-Kahtani, H.A. 1997. Some nutritional properties of karkade (*Hibiscus sabdariffa*) seed products. *Cereal Chemistry*. **74**: 352-355.
- Adhikari, B., Howes T., Wood, B.J. dan Bhandari, B.R. 2009. The effect of low molecular weight surfactants and proteins on surface stickiness of sucrose during powder formation through spray drying. *Journal of Food Engineering*. **94**(2): 135-143.
- Al-Asheh, S. 2003. The use of experimental factorial design for analysing the effect of spray dryer operating variables on the production of tomato powder. *Transaction Institute Chemical Engineering*. **81**: 81-88.
- Al-Kahtani, H.A. dan Hassan, B.H. 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract, *Journal of Food Science*. **55**(4): 1073- 1076.
- Amr, A. dan al-Tamimi, E. 2007. Stability of the crude extracts of *Ranunculus asiaticus* anthocyanins and their use as food colourants. *International Journal of Food Science and Technology*. **42**(8): 985–991.
- Anandaraman, S. dan Reineccius, G.A. 1980. Microencapsulation of flavour. *Food Flavourings Ingredients and Processing*. May **1**(8): 16.
- Anderson, O. M. dan Francis, G. W. 2004. Techniques of pigment identification. *Annual Plant Reviews—Plant Pigments and Their Manipulation*. **14**: 293–341.
- Atmane, M., Muriel, J., Joe, S. dan Stephane, D. 2006. Flavour Encapsulation and Controlled Release – A Review. *International Journal of Food Science and Technology*. **41**: 1–21.
- Barbara, C. dan Peter, E.D. 2002. *Chemical and functional properties of food components*. USA: CRC Press LLC.
- Barry, T. 2005. *The Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Bartholomew, D.P., Paul, R.E. dan Rohrbach, K.G. 2002. *The pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing.
- Bartolome, A.P., Ruperez, P. dan Fuster, C. 1996. Changes in soluble sugar of two pineapple fruit cultivars during storage. *Food Chemistry*. **56**: 163-166.

- Bemiller, J.N. dan Whistler, R.L. 1996. Carbohydrates. *Food Chemistry*. Marcel Dekker, New York, USA.
- Bhandari, B.R., Datta, N. dan Howes, T. 1997. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*. **15**(2): 671–684.
- Bitange, N.T., Zhang, W., Shi, Y.X. dan Wenbin, Z. 2008. Therapeutic application of pineapple protease (bromelain). *Pakistan Journal of Nutrition*. **7**: 513–520.
- Borges, S.V., Abadio, F.D.B., Domingues, A.M. dan Oliveira, V.M. 2004. Physical Properties of Powdered Pineapple (*Ananas comosus*) Juice - Effect of Malt Dextrin Concentration and Atomization Speed. *Journal of Food Engineering*. **64**: 285–287.
- Borges, S.V., Reis, A.L.S.H., Jorge, E.C., Pinto, P.R. dan Oliveira, V.M. 2002. Jugo de Frutas Tropicales Deshidratados por Spray Drying. *Alimentaria*. **334**: 125–130.
- Borges, S.V., Souza, A.S., Magalhaes, N.F., Ricardo, H.V., Cereda, M.P. dan Daiuto, E.R. 2009. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. **8**(3): 40–44.
- Brennan, J. G., Herrera, J. dan Jowitt, R. 1971. A study of some of the factors affecting the spray drying of concentrated orange juice, on a laboratory scale. *Food Technology*. **6**: 295–307.
- Brenner, J. 1983. The essence of spray dried flavours: The state of the art. *Perfumer and Flavourist*. **8**(3): 40–44.
- Bridle, P. dan Timberlake, C.F. 1997. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. *Food Chemistry*. **58**(1-2): 103-109.
- Cai, Y.Z. dan Corke, H. 2000. Production and properties of spray dried *Amaranthus betacyanin* pigments. *Journal of Food Science*. **65**(6): 1248–1252.
- Cai, Y.Z., Sun, M. dan Corke, H. 1998. Colorant properties and stability of *amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **46**(11): 4491–4495
- Camire, M.E., Chaovanalikit, A., Dougherty, M.P. dan Briggs, J. 2002. Blueberry and grape anthocyanins as breakfast cereal colorants. *Journal of Food Science*. **67**: 438-441.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M. dan Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. **6**: 420-428.

- Castaneda-Ovando, A., Galan-Vidal, C.A., Pacheco-Hernandez, M.L., Paez-Hernandez, M.E. dan Rodriguez, J.A. 2009. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*. **113**: 859–871.
- Chegini, R.G. dan Ghobadian, B. 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World Journal of Agricultural Science*. **3**: 230-236.
- Chegini, R.G., Khazaei, J., Ghobadian, B. dan Goudarzi, A.M. 2008. Prediction of process and product parameters in an orange juice spray dryer using artificial neural networks. *Journal of Food Engineering*. **84**: 534–543.
- Chewonarin, T., Kinouchi, T., Kataoka, K., Arimachi, H., Kuwahara, T., Initkekumnuen, U. dan Ohnishi, Y. 1999. Effects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), a Thai Medicinal Plant, on the mutagenicity of various known mutagens in *Salmonella typhimurium* and on formation of aberrant crypt foci induced by the colon carcinogens azoxymethane and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo (4,5-*b*) pyridine in F344 rats. *Food Chemical and Toxicology*. **37**: 591-601.
- Chin, H.F. 1986. *The Hibiscus Queen of Tropical Flowers*. Kuala Lumpur, Malaysia: Tropical Press.
- Chiou, D. dan Langrish, T.A.G. 2007. Development and characterisation of novel nutraceuticals with spray drying technology. *Journal of Food Engineering*. **82**: 84–91.
- Chronakis, I.S. 1998. On the molecular characteristics, compositional properties and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. **38**(7): 599-637.
- Clark, J.R., Howard, L. dan Talcott, S. 2002. Antioxidant activity of blackberry genotypes. *Acta Hort*. **585**: 475-480.
- Clydesdale, F.M., Main, J.H. dan Francis, F.J. 1979. Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) anthocyanins as colourants for beverages and gelatin desserts. *Journal of Food Protection*. **42**: 204-267.
- Cordenunsi, B.R., Roberto Oliveira, J.R., Genovese, M.I.S. dan Lajolo, F.M. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **50**: 2581-2586.
- Duangmal, K., Saicheua, B. dan Sueeprasan, S. 2004. Roselle anthocyanins as a natural food colorant and improvement of its colour stability. *Color and Paints, Interim Meeting of the International Color Association*.
- Durst, R. W. dan Wrolstad, R. E. 2001. Separation and characterization of anthocyanins by HPLC. In P. Wrolstad R.E. (Ed.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Wiley. New York. USA.

- Dutton, H.J., Manning, W.M. dan Duggar, B.M. 1943. Chlorophyll fluorescence and energy transfer in the diatom *Nitzschia closterium*. *Journal of Physical Chemistry*. **47**: 308–317.
- Dyrby, M., Westergaard, N. dan Stapelfeldt, H. 2001. Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. *Food Chemistry*. **72**: 431-437.
- Dziezak, J.D. 1988. Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technology*. **42**(151): 136-148.
- El-Dkak, A.N. 1998. *Comparison between natural and artificial colourants in some foods*. Tesis Sarjana. Cairo University, Egypt.
- Eskin, N.A.M., Hederson, H.M. dan Townsend, R.J. 1998. *Biokimia Makanan*. Terj. Salam, B., Soleha, I., Mamat, E. dan Mohd, Y.H. Kuala Lumpur, Malaysia: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Farimin, A.O.A dan Nordin, E. 2009. Physicochemical properties of spray-dried roselle-pineapple juice. *The 2nd International Conference on Environmental and Computer Science*.
- Fasoyiro, S.B., Babalola, S.O. dan Owosibo T. 2005. Chemical composition and sensory quality of fruit-flavoured roselle (*Hibiscus sabdariffa*) drinks. *World Journal of Agricultural Sciences*. **1**(2): 161-164.
- Fernández-Pérez, V., Tapiador, J., Martín, A. dan Luque de Castro, M.D. 2004. Optimization of the drying step for preparing a new commercial powdered soup. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. **5**: 361-668.
- Fracassetti, D., Del Bo' C., Simonetti P., Gardana C., Klimis-Zacas D. dan Ciappellano S. 2013. Effect of time and storage temperature on anthocyanin decay and antioxidant activity in wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **61**(12): 2999-3005.
- Francis, F.J. dan Markakis, P.C. 1989. Food colorants: anthocyanins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **28**(4): 273-314.
- Francisco, D.V dan Octavio, P.L. 2002. *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Farnworth, N.R. dan Bunyapraphatsara, N. 1992. *Thai Medicinal Plants*. Pracha-chon Press, Bangkok.
- Fuleki, T. dan Francis, F.J. 1968. Quantitative methods for anthocyanins: Extraction and determination of total anthocyanins in Cranberries. *Journal of Food Science*. **33**: 72-77.

- Gabas, A.L., Telis, V.R.N., Sobral, P.J.A. dan Telis-Romero, J. 2007. Effect of maltodextrin and Arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*. **82**(2): 246-252.
- Garzón, G. A. dan Wrolstad, R. E. (2001). The stability of pelargonidin-based anthocyanins at varying water activity. *Food Chemistry*. **75**(2): 185–196.
- Gomez-Leyva, J.F, Andrade-González, I., Gonzalez-Palomares, S. dan Estarrón-Espinosa, M. 2009. Effect of the temperature on the spray drying of roselle extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. **64**: 62–67.
- Goula, A.M. dan Adamopoulos, K.G. 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*. **66**: 35–42.
- Goula, A.M. dan Adamopoulos, K.G. 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. The effect on powder recovery. *Journal of Food Engineering*. **66**(1): 25-34.
- Gould, G.W., Christian, J.H.B. 1988. *Characterization of the state of water in foods—biological aspects*. In: Food preservation by moisture control. (Eds.) Seow C. C., Teng T.T., Quah C.H. London, United Kingdom: Elsevier Applied Science.
- Gregory III, J.F. 2008. *Vitamins*. In Damodaran, S., Parkin, K.L., dan Fennema, O.R. (Eds.). Food Chemistry. Boca Raton, London, New York: CRC Press.
- Gresswell, D.M. 1974. Vitamin C in soft drinks and fruit juices. *Vitamin C recent aspects of its physiological and technological importance*. Birtch, G.G. & Parker, K.J. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Halliday, D. dan Walker, J. 2001. *Drying Technique and Process*. Brisbane: John Wiley and Sons, Inc.
- Harborne, J.B. 1998. *Phenolic Compounds in Phytochemical Methods- A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. New York: Chapman & Hall.
- Heath, H.B. dan Reineccius, G. 1986. *Flavouring materials of natural origin*. In: Flavour Chemistry and Technology. The AVI Pub. Co., Inc. Connecticut, USA.
- Heldman, D.R. dan Hartel, R.W. 1997. *Principles of Food Processing*. Chapman and Hall. New York, USA.
- Heldman, D.R. dan Singh, R.P. 1981. *Introduction to Food Engineering*. (Fifth Ed.) h. 767-791.

- Henriette, M.C., Germano, G.M., Mayra, G.M.C., Arthur, C.R., Edy, S.B. dan Maria, F.D.M. 2009. Physical properties of spray dried *Acerola pomace* extract as affected by temperature and drying aids. *Food Science and Technology*. **42**: 641–645.
- Herman, S. 2007. *Kajian agronomi dan pembiakbakaan mutasi aruhan ke atas tanaman roselle (Hibiscus sabdariffa)*. Tesis Ph.D. Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia.
- Hirunpanich, V., Utaipat, A., Morales, N.P., Bunyaphatsara, N., Sato, H., Herunsale, A. dan Suthisang, C. 2006. Hypocholesterolemic and antioxidant effects of aqueous extracts from the dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. in hypercholesterolemic rats. *Journal of Ethno-Pharmacology*. **103**: 252-260.
- Hogan, S.A., McNamee, B.F., O'Riordan, E. dan O'sullivan, M. 2001. Microencapsulating properties of sodium caseinate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **49**: 1934 -1938.
- Hogekamp, S. dan Schubert, H. 2003. Rehydration of food powders. *Food Science and Technology International*. **9**(3): 223–35.
- Howes, T., Adhikari, B., Bhandari, B. R. dan Troung, V. 2004. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods convective drying: Experiments and modeling. *Journal of Food Engineering*. **62**: 53– 68.
- Ibolya, M.P. dan Friedman, M. 1990. Inhibition of browning by sulfur amino acids: Fruit juice and protein-containing foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **38**(8): 1648-1651.
- Isaac, A. dan Hector, F. 2004. Optimization of Spray Drying of Roselle Extract (*Hibiscus Sabdariffa* L.). Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004) São Paulo. Vol. A: 597-604.
- Jackson, L. S. dan Lee, K. 1991. Microencapsulation in the food industry. *Lebensm-Wiss Technology*. **24**: 289-297.
- Jacques, J.N., Florence, C.R.F., Pascale, M.G., Marie-Josephe, A. dan Serge, Y.A. 1994. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **34**(2): 109-157.
- Jadwiga, W.J. 2002. *Chemical and functional properties of food components*. London, UK: CRC Press LLC.
- Jaya, S. dan Das, H. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*. **63**:125–134.

- Jittanit, W., Niti-Att, S. dan Techanuntachaikul, O. 2010. Study of spray drying of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. *Chiang Mai Journal of Science*. **37**(3): 498-506.
- Jordan, B.R., Tsai, P.J., McIntosh, J., Pearce, P. dan Camden, B. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) extract. *Food Research International*. **35**: 351-356.
- Jufri, M., Anwar, E. dan Djajadisastra, J. 2004. Pembuatan niosom berbasis maltodekstrin DE 5-10 dari pati singkong. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, **1**(1): 10-20.
- Kearsley, M.W. dan Rodriguez, N. 1981. The stability and use of natural colours in foods. Anthocyanin, β -carotene and riboflavin. *Journal of Food Technology*. **16**: 421- 431.
- Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia. 2011. Dasar Agromakanan Negara 2011-2020.
- Kementerian Pertanian Malaysia. 2002. Kuala Lumpur. Penerbit Kerajaan.
- Ketnawa, S., Rawdkuen, S. dan Chaiwut, P. 2010. Two phase partitioning and collagen hydrolysis of bromelain from pineapple peel Nang Lae cultivar. *Biochemical Engineering Journal*. **52**: 205–211.
- El-Adawy, T.A. dan Khalil, A.H. 1994. Isolation, identification and toxicity of saponin from different legumes. *Food Chemistry*. **50**(2): 197-201.
- Kirca, A. dan Cemeroglu, B. 2003. Degradation kinetics of anthocyanin in orange juice and concentrate. *Food Chemistry*. **81**: 583-587.
- Koh, J., Kang, S.M., Kim, S.J., Cha, M.K. dan Kwon, Y.J., 2006. Effect of pineapple protease on the characteristics of protein fibers. *Fiber Polymer*. **7**: 180–185.
- Lajollo, F.M. dan Marquez, U.M.L. 1982. Chlorophyll degradation in spinach system at low and intermediate water activities. *Journal of Food Science*. **47**: 1995–1998.
- Langrish, T.A.G. 2007. New engineered particles from spray dryers: research needs in spray drying. *Drying Technology*. **25**(4–6): 971–983.
- Lazcano, C.A., Yoo, K.S. dan Pike, L.M. 2001. A method for measuring anthocyanins after removing carotenes in purple colored carrots. *Scientia Horticulturae*. **90**: 321–324.
- Markakis, O. 1982. Stability of anthocyanins in foods. In P. Markakis (Ed.) *Anthocyanins as Food Colors*. New York, USA: Academic Press.
- Martinez, M.V. dan Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology*. **6**(6): 195-200.

- Masters, K. 1979. *Spray Drying Fundamentals: Process Stages and Layouts*. Halsted Press. New York, USA.
- Mat Isa, Md. Isa dan Abd. Aziz. 1985. Analisis kimia dan pemrosesan roselle (*Hibiscus sabdariffa*). Serdang: *MARDI Research Bulletin*. **13**(1): 68-74.
- Mazza, G. dan Miniati, E. 1993. *Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains*. London, UK: CRC Press Inc.
- McKernan, W.M. 1972. Microencapsulation in the flavour industry: Part 1. *The Flavour Industry*. **12**: 596-600.
- Mohammed Selamat. 1996. *Pengenalan. Penanaman nanas; nanas makan segar dan nanas kaleng*. Mohammed Selamat (Ed) Serdang. Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia. 1-6.
- Monchanok, J. 2009. *Copigmentation reactions of boysenberry juice*. Tesis Sarjana. Massey University, New Zealand.
- Moreira, G., Costa, M.G.M., Rodrigues de Souza, A.C., Brito, E.S., Medeiros, M.F.D. dan Azeredo, H.M.C. 2009. Physical properties of spray dried *Acerola pomace* extract as affected by temperature and drying aids. *Food Science and Technology*. **42**: 641-645.
- Morton, J. 1987. *Roselle*. In: fruits of warm climates. C.F. Dowling (Ed.). Media, Inc. Greensboro. NCP.
- Mossel, D.A.A. dan Westerdijk, J. 1949. The physiology of microbial spoilage in foods. *Leeuwenhoek ned. Tijdschr.* **15**: 190-202.
- Moyer, R.A., Hummer, K.E., Finn, C.E., Frei, B. dan Wrolstad, R.E. 2002. Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity in diverse small fruits: vaccinium, rubus and ribes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **50**: 519-525.
- Murugesan, R. dan Orsat, V. 2011. Spray Drying for the production of nutraceutical ingredients- a review. *Food Bioprocess Technology*. **8**: 1-12.
- Nadya H., Zainal, S., Nadzirah, K.Z., Siti Roha, A.M., Atikah, O. dan Tengku Elida, T.Z.M. 2012. Physicochemical properties analysis of three indexes pineapple (*Ananas comosus*) peel extract variety N36. *APCBEE Procedia*. **4**: 115-121.
- Nagy, S. dan Smoot, J.M. 1977. Temperature and storage effects on percentage retention and percentage US recommended dietary allowance of vitamin C in canned single strength orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **25**(1): 135-8.

- Ng, K.S. 1990. *Kesan pemprosesan, bahan tambah dan pembungkusan ke atas mutu buah-buahan tropika kering campur*. Tesis Sarjana. Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia.
- Ng, L.T., Chong, P.H., Yus, A.Y., Chin, N.L., Rosnita, A. T., Farah, S. T. Dan Mohammad, G. A. 2012. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Journal of Food Science and Biotechnology*. **21**(32): 675-682.
- Nijdam, J.J. dan Langrish, T.A.J. 2006. The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. *Journal of Food Engineering*. **77**: 919-925.
- Nonaka, H.H. 1997. Plant carbohydrate derived products as fat replacers and calorie reducers. *Cereal Foods World*. **42**(5): 377-378.
- Ockerman, H.W. 1978. *Sourcebook for the Food Scientist*. AVI Publ. Co. Inc. Connecticut, USA.
- Papadakis, S.E., Gardeli, C. dan Tzia, C. 1998. Raisin extract powder: Production, physical and sensory properties. Proceedings of the 11th International Drying Symposium IDS '98. Halkidiki, Greece.
- Patel, R.P., Patel, P.M. dan Suthar, M.A. 2009. Spray Drying Technology: An Overview. *Indian Journal of Science and Technology*. **10**: 44-47.
- Paul, H. 1995. *Hibiscus sabdariffa* L. Université Rene Descartes Paris, Perancis.
- Pauling, L. 1939. Recent Work on the Configuration and Electronic Structure of Molecules. *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe*. **3**: 203-235.
- Pearson, D. 1976. *The Chemical Analysis of Foods*. 7th Ed. Churchill, Livingstone. Edinburgh, UK.
- Perez Munoz, F. dan Flores, R.A. 1997. Characterization of a spray drying system for soy milk. *Drying Technology*. **15**(3-4): 1023-1043.
- Phisut, N. 2012. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *International Food Research Journal*. **19**(4): 1297-1306.
- Pisecky, J. 1978. Bulk density of milk powders. *Dairy Industries International*. **2**: 4-11.
- Pouget, M.P., Vennant, B., Lejeune, B. dan Pourrat, A. 1990. Extraction analysis and study of the stability of hibiscus anthocyanins. *Lebenmiss.u. Technol*. **23**: 103-105.

- Prior, R., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J. dan O'Brien. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **46**: 2686-2693.
- Purseglove, J.W. 1968. *Tropical Crops Dicotyledons*. London, UK: Longmans, Green and Co. Ltd.
- Quek, Y.S., Chok, N.K. dan Swedlund, P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*. **46**: 386-392.
- Ranganna, S. 1987. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill Publications.
- Ranganna, S. 1978. *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. New Delhi, India: Tata McGraw-hill Publishing Co. Ltd.
- Rao, P.U. 1996. Nutrient composition and biological evaluation of mesta (*Hibiscus sabdariffa*) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. **49**: 27-34.
- Reavley, N. 1998. *Vitamin Counter*. In: The Vitamin Content of Common Foods. Australia: Bookman Press.
- Reineccius, G.A. 2001. *Multiple-core encapsulation-the spray drying of food ingredients*. In P: Vilstrup (Ed). *Microencapsulation of Food Ingredients*. Surrey, UK: Leatherhead Publishing.
- Reineccius, G.A. 1991. Carbohydrates for flavour encapsulation. *Food Technology*. **49**: 144-146.
- Rizk, E.M.S. 1997. *Quality of selected processed food stuffs as affected by enzymes and added colouring materials*. Ph.D. Thesis. Ain Shams University, Egypt.
- Rocha-Leão, M.H.M. dan Finotelli, P.V. t.t. Microencapsulation of ascorbic acid in maltodextrin and capsul using spray-drying. *2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering and 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering*. Brazil.
- Rodriguez-Hernandez, G.R., Gonzalez-Garcia, R., Grazales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A. dan Abud-Archila, M., 2005. Spray drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of the powder and reconstituted product. *Drying Technology*. **23**(4): 955-973.
- Rosnah, S. 2008. *Sifat-sifat fizikal-kimia, terma, mekanikal dan reologi Ananas comocus L. (Varieti Josophine)*. Tesis Ph.D. Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia.

- Rowe, R.C., Sheskey, P.J. dan Quinn, M., E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. USA: Lexi-Comp: American Pharmaceutical Association Inc.
- Rukmana, R. 1996. *Nenas: Budidaya Pasca Panen*. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Kanisius.
- Sabahel Khier, K.M., Hussain, A.S. dan Ishag, K.E.A. 2010. Effect of maturity stage on protein fractionation, in vitro protein digestibility and anti-nutrition factors in pineapple (*Ananas comocus*) fruit grown in southern Sudan. *African Journal of Food Science*. **4**(8): 550-552.
- Sagar, V.R. dan Suresh, K.P. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*. **47**: 15-26.
- Salunkhe, D.K. dan Desai B.B. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol 1. CRC Press Inc. Florida, USA.
- Samson, J.A. 1986. *Tropical Fruits*. New York: Longman Inc.
- Schippers, R.R. 2000. African indigineous vegetables: an overview of the cultivated species. *ACP-EU Technical Centre of Agricultural and Rural Cooperation*: 1-214.
- Schwartz, S.J. dan Lorenzo, T.V. 1991. Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. *Journal of Food Science*. **56**: 1059–1062.
- Scott, W.J. 1953. Water relations of *Staphylococcus aureus* at 30°C. *Australian Journal of Biological Science*. **6**: 549-564.
- Sebhatu, T., Anberg, M. dan Ahlneck, C. 1994. Assessment of the degree of disorder in crystalline solids. *International Journal of Pharmaceutics*. **101**: 237– 247.
- Seda, E. dan Unal Y. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*. **80**: 805–812.
- Sedky, A. 1972. *A case for pineapple grading at farm level*. Kementerian Pertanian dan Perikanan Malaysia.
- Sekiguchi, Y., Kamagata, Y., Nakamura, K., Ohashi, A. dan Harada, H. 1998. Phylogenetic diversity of mesophilic and thermophilic granular sludges determined by 16S rRNA gene analysis. *Microbiology*. **144**: 2655–2665.
- Selim, K. A., Khalil, K. E., Abdel-Bary, M. S. dan Abdel-Azeim, N. A. 2008. Extraction, encapsulation and utilization of red pigments from roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as natural food colourants. Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture Fayoum University, Egypt.
- Shah, N.P dan Wilson, N. 2007. Review Paper: Microencapsulation of Vitamins. *ASEAN Food Journal*. **14** (1): 1-14.

- Shahidi, F. dan Han, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **33**(6): 501-547.
- Shishkin, B.K. 1974. *Flora of the U.S.S.R.: Malvales, Pelietales, Myrtiflorae*. Kater Publishing House Ltd. Jurusalem, Israel.
- Shrestha, A.K., Ua-Arak, T., Adhikari, B.P., Howes, T. dan Bhandari, B.R. 2007. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermal Mechanical Compression Test (TMCT). *International Journal of Food Properties*. **10**: 661-673.
- Shrikhande, A.J. dan Francis, F.J. 1974. Effect of Flavonols on ascorbic acid and anthocyanin stability in model system. *Journal of Food Science*. **39**: 905-911.
- Sirichote, A., Paramee, C. dan Itharat, A. 2008. Studies on the optimum conditions for the extraction and concentration of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. **30**(1): 133-139.
- Skrede, G., Wrolstad, R.E. dan Enersen, G. 1992. Color stability of strawberry and blackcurrant syrups. *Journal of Food Science*. **57**: 172-177.
- Szrednicki, G., Thankitsunthorn, S., Thawornphiphatdit, C. dan Laohaprasit, N. 2009. Effects of drying temperature on quality of dried Indian gooseberry powder. *International Food Research Journal*. **16**: 355-361.
- Stintzing, F.C. dan Carle, R. 2004. Functional properties of anthocyanin and betalains in plants, food and in human nutrition. *Journal of Trends in Food Science and Technology*. **15**(1): 19-38.
- Subhabrata, S. dan Mayura, D. 2006. Industrial and clinical applications excluding diagnostic clinical. *Enzymology*. **1**: 1-25.
- Tey, Y.S. 2008. *Food consumption patterns and trends in Malaysia*. Tesis Sarjana. Universiti Putra Malaysia, Malaysia.
- Tharanathan, R.N. 2002. Food-derived carbohydrates-structural complexity and functional diversity. *Critical Review Biotechnology*. **22**(1): 65-84.
- Tomasik, P. dan Schilling, C.H. 2002. Chemical modification of starch. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, in press Fennema, O.R. (Eds.). *Food Chemistry*. Boca Raton, London, New York: CRC Press.
- Tonon, V.R., Brabet, C. Dan Hubinger, M. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*. **88**: 411-418.
- Tressler, D.K. dan Joslyn, M.A. 1971. *Fruit and Vegetable Juice Processing Technology*. 2nd edition. AVI Publishing Co. Connecticut, USA.

- Trindade, M.A. dan Grosso, C.R.F. 2000. The stability of ascorbic acid microencapsulated in granules of rice starch and in gum Arabic. *Journal of Microencapsulation*. **17**(2): 169-176.
- Tsai, P.J, Hsieh, Y.Y. dan Huang, T.C. 2004. Effect of sugar on the anthocyanin degradation and water mobility in roselles' anthocyanin model system using ¹⁷O NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **52**: 3097-3099.
- Tze, N.L., Han, C.P., Yusof, Y.A., Ling, C.N., Talib, R.A., Taip, F.S. dan Aziz, M.G. 2012. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Journal of Food Science and Biotechnology*. **21**(3): 675-682.
- Uckiah, A., Goburdhun, D. dan Ruggoo, A. 2009. Vitamin C content during processing and storage of pineapple. *Mauritius Nutrition and Food Science*. **39**(4): 398-412.
- Uhlig, H. 1998. *Industrial Enzymes and their Applications*. Vol. 2. New York: John Wiley and Sons. New York, USA.
- Walsh, G. 2002. *Protein Biochemistry and Biotechnology*. Vol 1. New York: John Wiley and Sons.
- Wang, C.J. dan Wang, J.M. 2000. Protective effect of hibiscus anthocyanins against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. *Food and Chemical Toxicology*. **38**(5): 411-416.
- Wang, S.Y. dan Stretch, A.W. 2001. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **49**: 969-974.
- Vassilis, G., Chelo, G., Alberto, S., Amparo, C. dan Pedro, F. 1998. Mass transfer properties of osmotic solutions: water activity and osmotic pressure. *International Journal of Food Properties*. **1**(2): 95-112.
- Watada, A.E. dan Qi L. 1999. Quality of fresh cut produce. *Postharvest Biology and Technology*. **15**: 201-205.
- Watanabe, Y., Fang, X., Minemoto, Y., Adachi, S. dan Matsuno, R. 2002. Suppressive effect of saturated L-ascorbate on the oxidation of linoleic acid encapsulated with maltodextrin or gum Arabic by spray-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **50**: 3984-3987.
- Vilstrup, P. 2001. *Microencapsulation of food ingredients*. Leatherhead Publishing, Surrey, UK.
- Wipavadee, S., Suchada, C. dan Supachai, B. 2008. Spray-dried orange powder processing. *34th Congress on Science and Technology of Thailand*.

- Wong, P.K. 2002. *Physico-chemical characteristics of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) calyx and effect of processing and storage on the stability of anthocyanins in roselle juice*. Tesis Sarjana. Universiti Putra Malaysia, Malaysia.
- Wong, P.K., Yusof, S., Ghazali, H.M. dan Man, Y.B.C. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Nutritional Food Science*. **32**(2): 68-73.
- Wrolstad, R.E. 2000. Anthocyanins. In F.J. Francis dan G.J. Lauro (Eds.) *Natural Food Colorants*. 237-252. New York: Marcel Dekker.
- Wrolstad, R.E., Durst, R.W., Giusti, M.M. dan Rodriguez-Saona, L.E. 2002. Analysis of anthocyanins in nutraceuticals. *Quality Management of Nutraceuticals*. **4**: 42-62.
- Wrolstad, R.E., Wightman, J.D. dan Durst, R.W. 1994. Glycosidase activity of enzyme preparations used in fruit juice processing. *Food Technology*. **48** (90): 92–98.
- Wu, X., Pittman, H.E. dan Prior, R.L. 2006. Fate of anthocyanins and antioxidant capacity in contents of the gastrointestinal tract of weanling pigs following black raspberry consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **54**: 583-589.
- Xiang, B., Liu, H. dan Qu, L. 2006. Structure analysis of ascorbic acid using near-infrared spectroscopy and generalized two dimensional correlation spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*. **794**: 12–17.
- Yin, Mei-Chin dan Chao, Che-Yi. 2008. Anti-campylobacter, anti-aerobic and anti-oxidative effects of roselle calyx extract and protocatechuic acid in ground beef. *International Journal of Food Microbiology*. **127**: 73–77.
- Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z. dan Mousavi, M.S. 2011. Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica granatum* L.). *Journal of Food Science and Technology*. **48**: 677-684.
- Zahra, E.M., Mahboubeh, F., Ahmad, K.A. dan Mahmoud, O. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*. **90**: 667–675.

LAMPIRAN A

SPESIFIKASI MALTODEKSTRIN DE 10

Aspek	Nilai
Nilai Dekstros	9 - 12
Kelembapan, %	Maks. 5.0
pH (20% larutan)	4.5 – 5.5
Sulfur dioksida, ppm	Maks. 10
Warna (O.D)	Maks. 2.0
Ketumpatan Pukal, g/l	450 - 600
Jangka hayat	2 tahun
Bahan Mentah	Kanji Ubi Kayu (Tak-GMO)
Penyimpanan	Dingin dan kering

Sumber: AAA San Soon Seng Food Industries Sdn. Bhd.



UMP

LAMPIRAN B

BORANG UJIAN PENERIMAAN

Kegunaan kami

No. Panel :

Kod :

Tarikh :

Arahan : Anda diberi sebanyak 12 sampel. Sila bilas mulut anda sebelum mengecam setiap sampel. Sila beri skor 1 pada **sekurang-kurangnya dua (2)** sampel yang paling boleh diterima.

Sampel	Skor
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Sampel	Skor
7	
8	
9	
10	
11	
12	

LAMPIRAN C

SENARAI PENERBITAN

PEMBENTANG LISAN

Antarabangsa

- 1 Ahmad Farimin Ahmad Osman dan Nordin Endut. *Physicochemical Properties of Spray-Dried Roselle-Pineapple Juice*, The 2nd International Conference on Environmental and Computer Science. Dubai, Emiriah Arab Bersatu.

Nasional

- 1 Ahmad Farimin Ahmad Osman dan Nordin Endut. *Physical Properties of Spray Dried Roselle Powder*, Conference of Natural Resources in the Tropics. Kuching, Sarawak.
- 2 Ahmad Farimin Ahmad Osman dan Nordin Endut. *Physical Properties of Spray-Dried Roselle-Pineapple Juice-Effects of Maltodextrin*, National Conference of Postgraduate Studies, Kuantan, Pahang.

PEMBENTANG POSTER

Nasional

- 1 Ahmad Farimin Ahmad Osman & Nordin Endut. *Physical Properties of Powdered Roselle Extract*, Postgraduate of UMP Poster Competition. Kuantan, Pahang.

Spray Drying of Roselle-Pineapple Juice

Effects of Inlet Temperature and Maltodextrin on the Physical Properties

Ahmad Farimin Ahmad Osman

Faculty of Chemical Engineering
Universiti Malaysia Pahang
Lebuhraya Tun Razak, 26300, Pahang, Malaysia
afarimin84@yahoo.com

Nordin Endut

Faculty of Chemical Engineering
Universiti Malaysia Pahang
Lebuhraya Tun Razak, 26300, Pahang, Malaysia
nordin@ump.edu.my

Abstract—A study was conducted using LabPlant SD-06 mini-spray dryer of laboratorial scale to produce spray-dried roselle-pineapple powder. Roselle calyces and pineapples were extracted under optimum condition. Three different maltodextrin DE 10 concentrations (3%, 5% and 10%) were added (w/w) as the encapsulating agent prior to spray drying. Inlet temperatures were varied at 140 °C, 160 °C, 180 °C and 200 °C respectively and the outlet temperature was fixed at 80 °C. The spray-dried roselle-pineapple powder were analysed for moisture content, dissolution, water activity and hygroscopicity. The results indicated that maltodextrin concentration and inlet temperature had significant effects on the percentage of yield. Extracts with 10% maltodextrin gave the highest percentage of yield and produced less sticky film at the wall of the dryer chamber. At 180 °C, juice with 10% of maltodextrin produced the finest powder. When inlet temperature and the percentage of maltodextrin increased, the moisture content and water activity decreased; its hygroscopicity and dissolution time increased.

Keywords—spray drying; roselle-pineapple; maltodextrin; fruit powder; physical properties.

I. INTRODUCTION

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) belongs to the family *Malvaceae* and is known as asam paya or karkadeh. It is a popular tropical plant in Middle Eastern countries (Morton, 1987; Abu-Tarboush *et al.*, 1997) and Southeast Asia (Chewonarin *et al.*, 1999; Rao, 1996). The calyces are rich with anthocyanins and used for making jelly, jam, preserve and beverages (Hirunpanish *et al.*, 2006).

Pineapple (*Ananas comosus*) is a type of tropical plant originates from the east of South America. It was introduced to Malaya by the Portuguese. Malaysia is one of the world's major producers besides Thailand, Philippines, Indonesia and South Africa. Pineapples have high content of Vitamin C which is needed for health due to healing wound or injury by absorption of iron minerals into blood vessel. Vitamin B (especially B1 and B3) in pineapples controls human's digestive system.

In food processing industry, spray drying is a technique to avoid chemical reactions and/or to enable controlled release of

the ingredients (Vilstrup, 2001). Under optimum processing conditions, it has been proven to be to obtain various products.

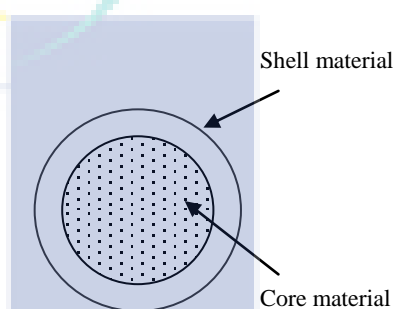


Figure 1. Diagram of representation of microcapsules; continuous core surrounded by continuous shell (Shahidi & Han, 1993).

The addition of maltodextrin is necessary to spray dry juices. Maltodextrin is widely used as carrier agent in spray drying as it satisfies demand and is relatively cheap (Bhandari *et al.*, 1997). Transformation of roselle-pineapple extract or other fruit juice into a dry particulate form results in much reduced volume and longer shelf life.

II. MATERIALS AND OF METHOD

A. Materials

Dried roselle were from Chad. The dried roselle were processed traditionally in Chad and were packed carefully. Roselle with average size, brilliant in colour and with no bruises were chosen for the experiment. Fresh, mature and ripe pineapples (*Bromeliaceae*) were purchased from local market. Pineapples with average weight were chosen for the experiment. The maltodextrin DE 10 was from San Soon Seng Food Industries Pvt Ltd, Malaysia.

B. Preparation of Roselle-pineapple Extracts

Dried roselle were washed with clean water. 80 grams for each sample were placed in a beaker and water was added accordingly. Preliminary experiments were carried out to establish the best extraction procedures to give the best product. Each beaker was filled with 800 ml of water (ratio of

roselle:water was 1:10) and was placed in water bath at constant temperature of 60 °C for 60 minutes. The extract was then filtered through nylon filter and transferred to a beaker. Samples were triplicate for each process.

Three fresh pineapples were peeled off and cut into cubes. The cubes were blended using laboratory electrical juice blender (Model JC3000, Waring, USA). The juice produced were filtered through 11 µm nylon net and transferred into a beaker. 800 ml juice was obtained. The juice was stored for approximately 1 hour in refrigerator and then the thin-top layer of the liquid was carefully removed. Extracts of roselle and pineapple were mixed up accordingly (1:1).

C. Spray-drying

Maltodextrin was added accordingly to the roselle-pineapple extract. The mixture is then stirred for 5 minutes and ready to spray dry. A laboratory scale (LabPlant SD-06) spray dryer was employed for the spray drying process. The unit is self contained and supplied complete and ready for immediate operation. All major components are housed within a stainless steel cabinet. The SD-06 only requires connection to a 13 amp, 220/240 V, 50 Hz power supply. Three inlet air temperatures were investigated (140 °C, 160 °C and 180 °C). Maltodextrin (3%, 5% and 10%) was added according to the mass of the roselle-pineapple extract. The dryer was washed with water at desired parameter settings for 10-15 minutes before spray drying process. The powders produced were collected in a container, sealed, weighed and stored at 4 °C in dark.

D. Analysis of Spray-dried Powder

1) *Moisture Content*: The moisture content was determined based on AOAC (1984) method. Each samples of roselle-pineapple powder (20 mg each) were weighed and then dried in a vacuum oven at 70 °C for 24 hours. The samples were taken out from the oven, cooled in a desiccator and weighed. The drying and weighing processes were repeated until constant weigh were obtained.

2) *Water Activity*: Measurement of water activity was carried out using a water activity meter (AquaLab Lite, Australia). Triplicate samples were analysed and the mean reading was recorded.

3) *Dissolution*: The dissolution test was modified from Al-Kahtani and Bakri (1990). About 50 mg of sample was weighed and place in a mini test tube. Then, 1mL of distilled water was added. This was followed by mixing using vortex at half speed. The time (s) to fully reconstitute the powders was recorded using a laboratory timer. Triplicate samples were analysed.

4) *Hygroscopicity*: The hygroscopicity of the powders was determined according to Cai and Corke (2000) with some

modifications. Samples (1 g) of each powder were placed in aluminum vials, weighed and equilibrated over a saturated salt solution NaCl (relative humidity of 75.3%) in desiccators at 25 °C. After seven days, the samples were weighed and the hygroscopicity is expressed as g moisture/100 g solids.

III. RESULT AND DISCUSSION

A. Moisture Content

Figure 2 shows the graph of moisture content of the roselle-pineapple powder. Moisture content represents the water composition in a food system. The moisture content of spray-dried powder decreased with the increase in inlet temperature. This is because at higher inlet temperature, the heat transfer between particles is greater which will give a greater driving force for moisture evaporation. Thus, powders with less moisture content were formed. It is clearly observed that increases of maltodextrin percentage resulted in decreases in the moisture content. This was probably due to an increase in solids in the feed and reduced amount of free water for evaporation.

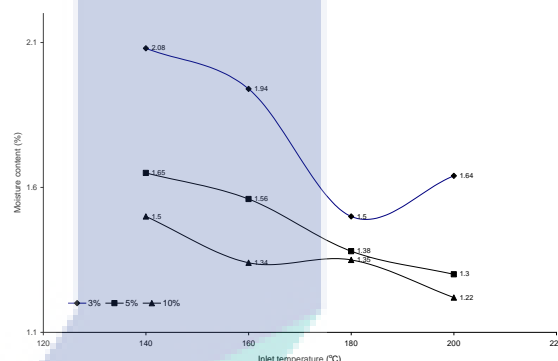


Figure 2. Moisture content of spray-dried powder

B. Water Activity

Water activity (a_w) is a very important index for spray-dried powder as it determines the shelf-life of powder produced. Water activity is defined as the ratio of vapour pressure of water in a food system to vapour pressure of pure water at the same temperature. Water activity measures the activity of free water in a food system which is responsible for any biochemical reactions. Higher water activity indicates that there is more free water available for biochemical reactions and thus the shelf-life is shorter. Basically, food with a_w less than 0.6 is microbiologically stable. From Figure 3, the water activity of the powder produced is in the range of 0.19-0.27. This showed that all the treatments are microbiologically stable.

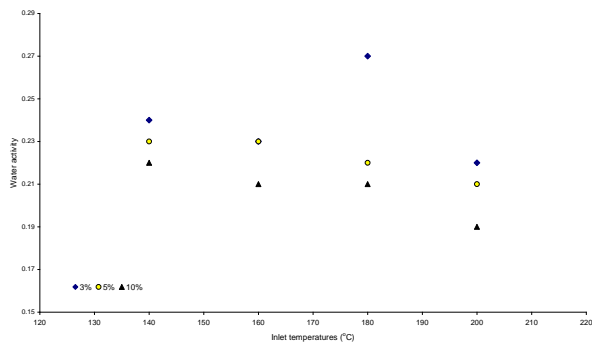


Figure 3. Graph of water activity for different maltodextrin concentrations and inlet temperatures.

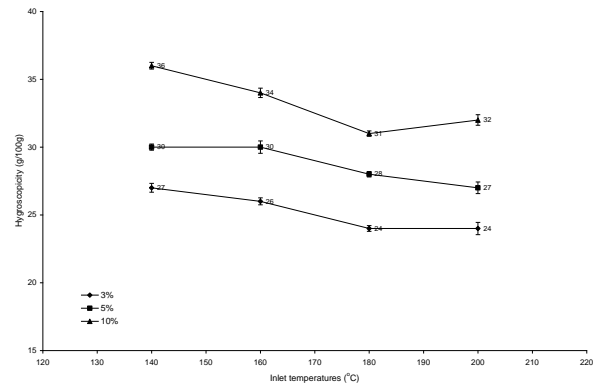


Figure 5. Graph of hygroscopicity for different maltodextrin concentrations and inlet temperatures.

C. Dissolution

Dissolution test is a measurement of the powder to fully reconstitute in water by using vortex mixer. Time was recorded during this process. The results indicated that at lower inlet temperature, the times taken for the powder to fully reconstitute are relatively shorter. This is because at lower temperature, the powders were higher in moisture content due to the slower evaporation rate. This type of powder had a higher tendency to agglomerate which helped to increase the reconstitution of the powder. Figure 4 showed the dissolution test for various maltodextrin percentages. Higher percentage of maltodextrin resulted in higher time taken for the powder to reconstitute. This was because of the same reason discussed above.

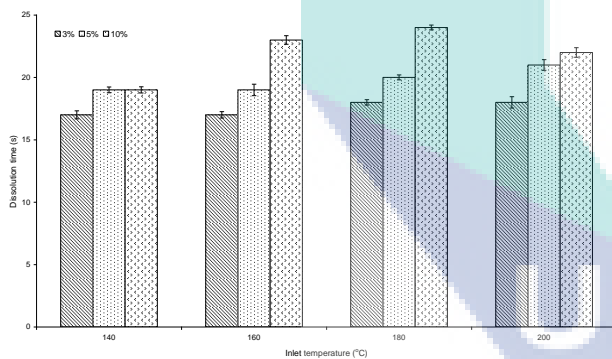


Figure 4. Graph of dissolution time for various maltodextrin percentages.

E. Percentage of Yield

Figure 6 showed the effect of inlet temperature on yield and hygroscopicity. The figure indicated that increasing the inlet air temperature reduced the yield and the hygroscopicity. Increasing the inlet temperature often caused the powder to melt and deposited to the chamber wall so that the amount of powder production and percentage of yield reduced. It is also due to creation of a rapid formation of dried layer at the droplet surface (Chegini & Ghobadian, 2007).

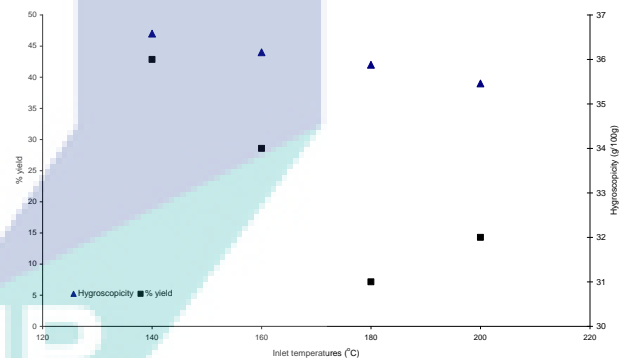


Figure 6. Graph of yield percentage and hygroscopicity for different inlet temperatures.

D. Hygroscopicity

Based on Figure 5, the addition of maltodextrin as drying aid significantly affected powder hygroscopicity. The higher hygroscopicity of the powders produced at lower temperatures seems to be related to their higher moisture content. A major factor affecting powder stability is moisture content, since a small amount of water is able to depress the temperature enough to increase the mobility of the matrix during storage (Bhandari & Hartel, 2005; Roos, 2002; Roos & Karel, 1992). Increasing the maltodextrin percentage reduced powder hygroscopicity.

Fruit juice powders obtained by spray drying are sticky and hygroscopic. According to Sebhatu *et al.* (1994), fruit juice powder obtained by spray drying gives the yield of high sugar content solids. These sugars are very hygroscopic and mainly sticky and form high agglomerates. This tendency to agglomerate may increase as the amorphous state sugar transforms into crystalline sugar through adsorption of small amount of water (Cano-Chauca *et al.*, 2005)

The authors gratefully acknowledge Universiti Malaysia Pahang for supporting the research through Graduate Research Scheme GRS070154.

REFERENCES

- Abu-Tarboush, H.M., Ahmed, S.A.B. and Al Kahtani, H.A. 1997. Some nutritional properties of karkade (*Hibiscus sabdariffa*) seed products. *Cereal Chemistry*, 74: 352-355.
- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B. R., & Troung, V. (2004). Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods convective drying: Experiments and modeling. *Journal of Food Engineering*, 62, 53– 68.
- Al-Kahtani, H. and Hassan, B.H. 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *J. Food Sci.* 55(4): 1073-1076.
- AOAC Official analytical methods (1984) AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Bhandari, B. R., Datta, N., & Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(2), 671–684.
- Cai Y.Z., Corke H., Production and properties of spray dried *Amaranthus betacyanin* pigments, *J. Food Sci.* 65 (6) (2000) 1248–1252.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 420-428.
- Chegini, G.R. and B. Ghobadian, 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (2): 230-236.
- Chewonarin, T., Kinouchi, T., Kataoka, K., Arimachi, H., Kuwahara, T., Initkekumnuen, U. and Ohnishi, Y. 1999. Effects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn), a Thai medicinal plant, on the mutagenicity of various known mutagens in *Salmonella typhimurium* and on formation of Aberrant Crypt Foci induced by the colon carcinogens Azoxymethane and 2-Amino-1Methyl-6-phenylimidazo (4,5-b) pyridine in F344 rats. *Food Chemical and Toxicology*, 37: 591-601.
- Hirunpanich, V., Utaipat, A., Morales, N.P., Bunyaphatsara, N., Sato, H., Herunsale, A. and Suthisisang, C. 2006. Hypocholesterolemic and antioxidant effects of aqueous extracts from the dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. in hypercholesterolemic rats. *J. Ethno- Pharmacology*. 103: 252-260.
- Morton, J. 1987. Roselle. In Morton, J.F.(Ed). *Fruits of Warm Climates*, p. 281-286. Miami, FL.
- Rao, P.U. 1996. Nutrient composition and biological evaluation of mesta (*Hibiscus sabdariffa*) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 49: 27-34.
- Sebhatu, T., Anberg, M., & Ahlneck, C. (1994). Assessment of the degree of disorder in crystalline solids. *International Journal of Pharmaceutics*, 101, 237– 247.
- Shahidi, F. and Han, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33 (6): 501-547.
- Vilstrup, P. 2001. *Microencapsulation of food ingredients*. England: Leatherhead Publishing, Surrey.

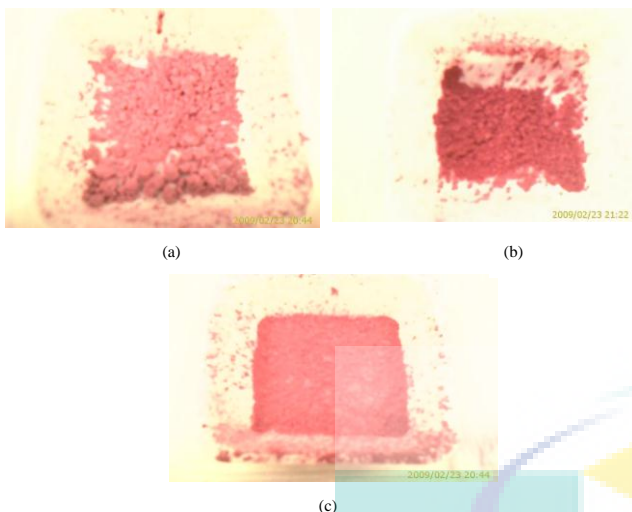


Figure 7. (a) Powder with maltodextrin 3%, (b) powder with maltodextrin 5% and (c) powder with maltodextrin 10%

From the observations, maltodextrin helped the powder to be less sticky and less deposited to the chamber wall. There was hardly any powder accumulated if maltodextrin was not added. Therefore, 3%, 5% and 10% of maltodextrin were added prior to spray drying. This was done to investigate the effect of adding maltodextrin to the physical properties of the powder. Maltodextrin with DE 10 was used because of it has better nutrient binding properties (Cai & Corke, 2000). Based on Figure 6 it is observed, that addition of 10% maltodextrin gave the better powder properties and finest powder.

Addition of 3% of maltodextrin produced agglomerated powders. The powders produced were better and fine with the increase of maltodextrin concentration. Increases in maltodextrin concentration resulted in decreases in moisture content. This is because of addition of solid particles in the juice (feed) and reduces the amount of free water for evaporation. Maltodextrin could correct the surface stickiness of low molecular weight sugars and organic acid, therefore, facilitated drying and reduced the stickiness of the powder produced. If there was too much of maltodextrin (>10%), the colour of the powder produced is less attractive (pale red).

IV. CONCLUSION

Addition of 10% maltodextrin DE 10 was an effective drying aid for roselle-pineapple extract. It reduced stickiness at the dryer chamber and gave the better physical properties of the produced powders. The results also indicated that as temperature increase, the moisture content and water activity decreased. The hygroscopicity of the product decreased with the decrease of inlet temperature and maltodextrin percentage.

Spray Drying of Roselle-Pineapple Juice

Effects of Inlet Temperature and Maltodextrin on the Physical Properties

Ahmad Farimin Ahmad Osman

Faculty of Chemical Engineering
Universiti Malaysia Pahang
Lebuhraya Tun Razak, 26300, Pahang, Malaysia
afarimin84@yahoo.com

Nordin Endut

Faculty of Chemical Engineering
Universiti Malaysia Pahang
Lebuhraya Tun Razak, 26300, Pahang, Malaysia
nordin@ump.edu.my

Abstract—A study was conducted using LabPlant SD-06 mini-spray dryer of laboratorial scale to produce spray-dried roselle-pineapple powder. Roselle calyces and pineapples were extracted under optimum condition. Three different maltodextrin DE 10 concentrations (3%, 5% and 10%) were added (w/w) as the encapsulating agent prior to spray drying. Inlet temperatures were varied at 140 °C, 160 °C, 180 °C and 200 °C respectively and the outlet temperature was fixed at 80 °C. The spray-dried roselle-pineapple powder were analysed for moisture content, dissolution, water activity and hygroscopicity. The results indicated that maltodextrin concentration and inlet temperature had significant effects on the percentage of yield. Extracts with 10% maltodextrin gave the highest percentage of yield and produced less sticky film at the wall of the dryer chamber. At 180 °C, juice with 10% of maltodextrin produced the finest powder. When inlet temperature and the percentage of maltodextrin increased, the moisture content and water activity decreased; its hygroscopicity and dissolution time increased.

Keywords-spray drying; roselle-pineapple; maltodextrin; fruit powder; physical properties.

REFERENCES

- Abu-Tarboush, H.M., Ahmed, S.A.B. and Al Kahtani, H.A. 1997. Some nutritional properties of karkade (*Hibiscus sabdariffa*) seed products. *Cereal Chemistry*, 74: 352-355.
- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B. R., & Troung, V. (2004). Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods convective drying: Experiments and modeling. *Journal of Food Engineering*, 62, 53– 68.
- Al-Kahtani, H. and Hassan, B.H. 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *J. Food Sci.* 55(4): 1073-1076.
- AOAC Official analytical methods (1984) AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Bhandari, B. R., Datta, N., & Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(2), 671–684.
- Cai Y.Z., Corke H., Production and properties of spray dried *Amaranthus betacyanin* pigments, *J. Food Sci.* 65 (6) (2000) 1248–1252.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 420-428.
- Chegini, G.R. and B. Ghobadian, 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (2): 230-236.
- Chewonarin, T., Kinouchi, T., Kataoka, K., Arimachi, H., Kuwahara, T., Initkekumnuen, U. and Ohnishi, Y. 1999. Effects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn), a Thai medicinal plant, on the mutagenicity of various known mutagens in *Salmonella typhimurium* and on formation of Aberrant Crypt Foci induced by the colon carcinogens Azoxymethane and 2-Amino-1Methyl-6-phenylimidazo (4,5-b) pyridine in F344 rats. *Food Chemical and Toxicology*, 37: 591-601.
- Hirunpanich, V., Utaipat, A., Morales, N.P., Bunyapraphatsara, N., Sato, H., Herunsale, A. and Suthisisang, C. 2006. Hypocholesterolemic and antioxidant effects of aqueous extracts from the dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. in hypercholesterolemic rats. *J. Ethno- Pharmacology*. 103: 252-260.
- Morton, J. 1987. Roselle. In Morton, J.F.(Ed). *Fruits of Warm Climates*, p. 281-286. Miami, FL.
- Rao, P.U. 1996. Nutrient composition and biological evaluation of mesta (*Hibiscus sabdariffa*) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 49: 27-34.
- Sebhathu, T., Anberg, M., & Ahlneck, C. (1994). Assessment of the degree of disorder in crystalline solids. *International Journal of Pharmaceutics*, 101, 237– 247.
- Shahidi, F. and Han, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33 (6): 501-547.
- Vilstrup, P. 2001. *Microencapsulation of food ingredients*. England: Leatherhead Publishing, Surrey.