

**KESAN KEADAAN SUHU DAN MASA PENYIMPANAN
TERHADAP KADAR OKSIDASI LEMAK DALAM SUSU
KAMBING MENTAH**

FARHATU SYIFA BINTI MOHAMMAD FUAD

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**CADANGAN INI DIKEMUKAKAN SEBAGAI MEMENUHI
SEBAHAGIAN SYARAT PENGANUGERAHAN IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM PENGELUARAN TERNAKAN
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2017**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL: KESAN SUHU DAN MASA PENYIMPANAN TERHADAP KADAR OKSIDASI LEMAK DALAM SUSU KAMBING MENTAH

IAJAZAH: IAJAZAH SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN CH636 PENGELUARAN TERNAKAN

SAYA: FARHATU SYIFA BINTI MOHAMMAD SESI PENGAJIAN: 2016/2017
 FUND (HURUF BESAR)

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

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

SULIT

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

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

[Signature]
 (TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: NO 89, LORONG BANDAR UTAMA 4, BANDAR UTAMA, SG. PETANI, KEDAH DARUL AMAN

TARIKH: 13 JANUARI 2017

Disahkan oleh:

[Signature]
 NURULAIN BINTI ISMAIL
 PUSTAKAWAN KANAN
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)
 NURUL AZKAWAN MOHD YAAKUB
 PENSYARAH
 FAKULTI PERTANIAN LESTARI
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

MISS NURUL'AZAH MOHD YAAKUB
 (NAMA PENYELIA)

TARIKH: 13 JANUARI 2017

Catatan:

*Potong yang tidak berkenaan.


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

*Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara Penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGESAHAN

Saya mengaku bahawa disertasi ini adalah berdasarkan kerja asli saya sendiri bagi petikan yang telah diketahui. Saya juga mengaku bahawa tiada bahagian disertasi ini telah dihantar sebelum ini untuk ijazah atau universiti lain.



FARHATU SYIFA

BR13110044

29 NOVEMBER 2016




UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

DISAHKAN OLEH

1. Miss Nurul A'zah Mohd Yaakub
PENYELIA



Tandatangan dan Cop

NURUL'AZAH MOHD YAAKUB
PENSYARAH
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, pertama sekali saya bersyukur kepada Allah S.W.T kerana dengan limpah dan rahmat serta keizinan dariNya saya dapat menyiapkan projek tahun akhir saya dengan jayanya. Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih buat pihak pengurusan Fakulti Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah dan juga kesemua tenaga pengajar khususnya kepada penyelia projek saya Miss Nurul Azah Binti Mohd Yaakob yang banyak membantu dalam menyiapkan kajian ini dari segi idea, cadangan serta tunjuk ajar yang sangat membantu saya dalam menyempurnakan penyelidikan ini sehingga ke saat akhir. Sesungguhnya tanpa bantuan dari mereka, tidak mungkin dapat saya menyelesaikan penyelidikan ini.

Ucapan terima kasih kepada pembantu makmal Puan Nurul Syakina Binti Marli dan En. Mohd. Rohizan Bin Basir yang banyak membantu dalam penyediaan alat, bahan kimia dan radas yang diperlukan bagi menjalani kajian ini.

Seterusnya, sekalung penghargaan buat teman seperjuangan yang telah memberikan kerjasama dan sikap toleransi yang telah diberikan terutamanya Farhana Hazwani binti Zulkifli, Ngilo Piri, Hana Zaini dan Sayani Zulkarnain dalam membantu menyiapkan projek ini.

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih juga saya tujukan kepada kedua ibu bapa saya Mohammad Fuad dan Rosnani kerana banyak membantu saya dalam memberikan kata-kata pendorong sebagai sokongan moral bagi menyelesaikan projek ini dengan jayanya. Ucapan terima kasih juga buat rakan-rakan saya yang turut membantu dan memberi dorongan kepada saya sepanjang projek kajian ini berlangsung.



ABSTRAK

Satu kajian telah dijalankan di makmal projek tahun akhir 2, Fakulti Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah, Kampus Sandakan untuk mengkaji kesan suhu dan tempoh penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak susu kambing mentah. Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji kesan suhu dan masa penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah dan menentukan suhu dan masa yang sesuai untuk mengawal kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah. Kajian ini telah dijalankan pada Ogos 2016 hingga November 2016. Setiap rawatan mempunyai 3 replikasi. Rekabentuk kajian yang telah digunakan ialah 2 x 2 rekabentuk rawak lengkap (CRD). Data yang telah diperolehi telah dianalisis menggunakan kepelbagaian analisis (ANOVA) satu hala pada aras signifikan 0.05%. Merujuk kepada keputusan yang telah diperolehi, bagi faktor tempoh penyimpanan, purata asid lemak bebas dalam susu kambing mentah menunjukkan terdapat perbezaan bererti kecuali bagi parameter ketengikan oksidatif, pH dan kepekatan Malonaldehid (MDA). Manakala bagi faktor suhu penyimpanan, purata ketengikan oksidatif menunjukkan terdapat perbezaan bererti kecuali bagi parameter asid lemak bebas, pH dan kepekatan Malonaldehid (MDA). Bagi faktor tempoh penyimpanan, H_A diterima kecuali bagi parameter ketengikan oksidatif, pH dan kepekatan Malonaldehid (MDA). Bagi faktor suhu, H_A diterima kecuali bagi parameter peratus asid lemak bebas, pH susu dan kepekatan Malonaldehid (MDA). Penyimpanan susu pada suhu 1°C adalah sesuai bagi mengawal kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah kerana mempunyai kadar oksidasi lemak paling rendah berbanding rawatan suhu 6°C, 27°C dan 36°C. Bagi faktor kedua iaitu tempoh penyimpanan, tempoh masa yang sesuai bagi penyimpanan susu adalah kawalan dan 7 hari penyimpanan kerana mempunyai kadar oksidasi lemak paling rendah berbanding rawatan tempoh 14 hari dan 21 hari.

ABSTRACT

A study was carried out in the final year project laboratory 1 in Faculty of Sustainable Agriculture at University Malaysia Sabah, Sandakan Campus to investigate the effects of storage temperature and time on fat oxidation in raw goat's milk. The objectives of this study was to study the effects of storage temperature and period toward fat oxidation in raw goat's milk and to investigate the suitable temperature and period for storage of milk to control fat oxidation in raw goat's milk. This study was carried out in the first week of July until the first week of August 2016. Every treatment have 3 replicates. The experimental design in this study was 2 x 2 Completely Randomized Design (CRD). The data obtained was analyzed in in 1 way ANOVA at significant difference of 0.05%. Refer to the results obtained, for storage period factor, the average of free fatty acid in raw goat's milk shown there was a significant difference except for the parameter of oxidative rancidity, pH and Malonaldehyde (MDA) concentration. For storage temperature factor, the average of oxidative rancidity shown there was a significant difference except for the parameter of free fatty acid, pH and Malonaldehyde (MDA) concentration. For the storage period factor, H_A was accepted for the parameter of free fatty acid except for the parameter of oxidative rancidity, pH and Malonaldehyde (MDA) concentration. For the storage temperature factor, H_A was accepted for the parameter of oxidative rancidity except for the parameter of free fatty acid, pH and Malonaldehyde (MDA) concentration. The storage of milk under temperature of 1°C may control the rate of fat oxidation in raw goat's milk because it was recorded the lowest rate of fat oxidation in raw goat's milk compared to treatment of 6°C, 27°C and 36°C. For the storage period factor, the suitable period for the storage of raw goat's milk was 7 days because it was recorded the lowest rate of fat oxidation in raw goat's milk compared to the treatment of 14 days and 21 days.



ISI KANDUNGAN

	MUKA SURAT
KANDUNGAN	ii
PENGAKUAN	iii
PENGESAHAN	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
ISI KANDUNGAN	x
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL DAN UNIT	
SENARAI FORMULA	
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Justifikasi	2
1.3 Objektif	3
1.4 Hipotesis	3
BAB 2 KAJIAN LITERATUR	
2.1 Susu Kambing	4-5
2.2 Komposisi Susu Kambing	6-10
2.3 Oksidasi Lemak	10-14
2.4 Kestabilan Oksidatif Lemak Susu	14-15
2.5 Kualiti Susu	15-17
2.6 Faktor-faktor Oksidasi Lemak	17-18
BAB 3 METODOLOGI	
3.1 Lokasi Kajian	19
3.2 Masa Kajian	19
3.3 Bahan	19-20
3.4 Kaedah	20-24
3.5 Rekabentuk eksperimen dan rawatan	25
3.6 Analisis statistik	25



BAB 4 KEPUTUSAN	
4.1 Kesan-kesan Rawatan Suhu dan Masa Penyimpanan terhadap Kadar Oksidasi Lemak dalam Susu Kambing Mentah.	26
4.2 Kesan Tempoh Penyimpanan terhadap Ketengikan Oksidatif dalam Susu	27-28
4.3 Kesan Tempoh Penyimpanan terhadap Nilai pH Susu	28-29
4.4 Kesan Tempoh Penyimpanan terhadap Kepekatan Malonialdehyde (μM TBARS/g)	29-30
4.5 Kesan Tempoh Penyimpanan terhadap Asid Lemak Bebas (%)	30-31
4.6 Kesan Suhu terhadap Ketengikan oksidatif dalam Susu	31-32
4.6 Kesan Suhu terhadap pH Susu	32-33
4.7 Kesan Suhu terhadap Kepekatan Malonialdehyde (μM TBARS/g)	33-34
4.8 Kesan Suhu terhadap Asid Lemak Bebas (%)	34-35
BAB 5 PERBINCANGAN	
5.1 Kesan Rawatan terhadap Kadar Oksidasi Lemak.	36
5.1.1 Kesan Masa terhadap Ketengikan Oksidatif dalam Susu	36-37
5.1.2 Kesan Masa terhadap Nilai pH Susu	37
5.1.3 Kesan Masa terhadap Kepekatan MDA	37-38
5.1.4 Kesan Masa terhadap Peratus Asid Lemak Bebas	38
5.2.1 Kesan suhu terhadap Ketengikan Oksidatif	38-39
5.2.2 Kesan suhu terhadap Kepekatan MDA	39-40
5.2.3 Kesan Suhu terhadap pH Susu	40
5.2.4 Kesan suhu terhadap Peratus Asid Lemak Bebas	40-41
5.3 Warna Susu Kambing Mentah	41
BAB 6 KESIMPULAN	
6.1 Kesimpulan	42-44
6.2 Cadangan	44
RUJUKAN	45-47
LAMPIRAN	48-58



SENARAI JADUAL

JADUAL	Muka Surat
2.1 Komposisi susu kambing	6
3.1 Rawatan dan rekabentuk eksperimen	25
4.1 Kesan suhu dan tempoh penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak	27
4.1.1 Analisis ANOVA pada kesan suhu penyimpanan terhadap ketengikan oksidatif dalam susu kambing mentah.	48
4.1.2 Jadual penjelasan kesan suhu penyimpanan terhadap ketengikan oksidatif dalam susu kambing mentah.	48
4.1.3 Analisis ANOVA pada kesan suhu penyimpanan terhadap pH susu kambing mentah.	49
4.1.4 Jadual penjelasan kesan suhu penyimpanan terhadap pH susu kambing mentah.	49
4.1.5 Analisis ANOVA pada kesan suhu penyimpanan terhadap kepekatan MDA dalam susu kambing mentah.	50
4.1.6 Jadual penjelasan kesan suhu penyimpanan terhadap kepekatan MDA dalam susu kambing mentah.	50
4.1.7 Analisis ANOVA pada kesan suhu penyimpanan terhadap peratus asid lemak bebas dalam susu kambing mentah.	51
4.1.8 Jadual penjelasan kesan suhu penyimpanan terhadap peratus asid lemak bebas dalam susu kambing mentah.	51
4.2 Kesan tempoh penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak	
4.2.1 Analisis ANOVA pada kesan tempoh penyimpanan terhadap ketengikan oksidatif dalam susu kambing mentah.	52
4.2.2 Jadual penjelasan kesan tempoh penyimpanan terhadap ketengikan oksidatif dalam susu kambing mentah.	52
4.2.3 Analisis ANOVA pada kesan tempoh penyimpanan terhadap pH susu kambing mentah.	53
4.2.4 Jadual penjelasan kesan tempoh penyimpanan terhadap pH susu kambing mentah.	53
4.2.5 Analisis ANOVA pada kesan tempoh penyimpanan terhadap kepekatan MDA dalam susu kambing mentah.	54

4.2.6	Jadual penjelasan kesan tempoh penyimpanan terhadap kepekatan MDA dalam susu kambing mentah.	54
4.2.7	Analisis ANOVA pada kesan tempoh penyimpanan terhadap asid lemak bebas dalam susu kambing mentah.	55
4.2.8	Jadual penjelasan kesan tempoh penyimpanan terhadap asid lemak bebas dalam susu kambing mentah.	55



SENARAI RAJAH

RAJAH		Muka surat
2.1	Struktur trigliserida	7
2.2	Struktur asid lemak tak tepu	9
2.3	Struktur asid lemak tepu	9
2.4	Mekanisma reaksi autooksidasi	11
3.1	Reaksi asid tiobarbiturik (TBA) dan malonaldehid (MDA)	23
4.1	Perbezaan antara kesan tempoh penyimpanan terhadap ketengikan oksidatif	28
4.2	Perbezaan antara kesan tempoh penyimpanan terhadap pH susu	29
4.3	Perbezaan antara kesan tempoh penyimpanan terhadap kepekatan MDA dalam susu	30
4.4	Perbezaan antara kesan tempoh penyimpanan terhadap peratus asid lemak bebas dalam susu.	31
4.5	Perbezaan kesan suhu terhadap ketengikan oksidatif dalam susu kambing mentah	32
4.6	Perbezaan antara kesan suhu terhadap pH susu.	33
4.7	Perbezaan antara kesan suhu terhadap kepekatan malonaldehid (MDA) dalam susu	34
4.8	Perbezaan antara kesan suhu terhadap peratus asid lemak bebas dalam susu	35

SENARAI FORMULA

Formula

$$3.1 \quad \% \text{ FFA} = \frac{V \times N \times 28.2}{W}$$

Di mana:

%FFA = Peratus asid lemak bebas (g/100g)

V = isipadu titran (ml) NaOH

N = kebiasaan larutan titran NaOH (mol/1000 ml)

28.2 = MW asid oleic (g/mol)

W = jisim sampel (g)

$$3.3 \quad \mu\text{M TBARS} / \text{g susu} = (A - b) / (a \times m \times 1000)$$

Di mana,

A = keserapan sampel susu

a = kecerunan lekuk piawai

b = persilangan lekuk piawai

m = jumlah sampel susu (g)

1000 = penukaran kepada $\mu\text{M} / \text{g}$

SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

%	Peratus
μm	Mikrometer
ANOVA	Analisis varian
g	Gram
$^{\circ}\text{C}$	Darjah celcius
KI	Kalium iodida
ml	mililiter
rpm	<i>Rotation per minute</i>
TBA	Asid tiobarbiturik
TCA	Asid trikloroasetik
TEC	tetraethoxypropane
M	mol
nm	nanometer
mm	milimeter
nmol	nanomol



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Susu ialah cecair putih yang dirembeskan daripada kelenjar susu dari semua mamalia untuk menyusui anaknya dan komponen-komponennya tidak dikurangi dan tidak ditambah bahan-bahan lain (Webb dan Johnson, 1974). Komponen utama susu terdiri dari air, protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan vitamin (Alam, 2007). Manusia telah mengamalkan susu dalam kuantiti yang banyak daripada spesies bukan manusia dan susu lembu merupakan salah satu jenis prinsip (Wong *et al.*, 1988). Selain daripada susu lembu, susu kambing juga merupakan sumber nutrisi yang baik untuk kesihatan tubuh badan. Bilangan kambing susu di dunia dianggarkan mencapai sehingga 440 juta ekor dan mampu menghasilkan 4.8 juta tan susu.

Susu adalah komoditi keperluan harian yang mudah rosak dan tidak sesuai dibeli dalam kuantiti yang banyak untuk disimpan di tempat yang bersuhu rendah seperti peti sejuk. Ini kerana proses oksidasi lemak boleh berlaku apabila lemak susu terdedah kepada suhu penyimpanan yang tinggi dalam masa yang lama. Oksidasi lemak terjadi disebabkan oleh reaksi lemak dan oksigen yang terperangkap di udara tanpa pelepasan tenaga (O'Brien, 2004). Susu haruslah diterima oleh pengguna sebagai susu yang berkualiti dengan pembungkusan standard. Dengan keadaan iklim di Malaysia yang panas lembap, penyimpanan susu pada suhu dan tempoh masa yang sesuai adalah sangat penting bagi mengekalkan kualiti susu tersebut.



Susu yang berkualiti sangat penting untuk memberikan khasiat yang mencukupi dalam tubuh manusia. Susu boleh diambil sebagai minuman atau digunakan sebagai bahan dalam penyediaan kek, pastri, pencuci mulut dan lain-lain untuk memberikan tekstur, rasa dan warna yang terbaik. Dalam industri makanan, susu juga boleh dijadikan produk nilai tambah seperti keju, yogurt, krim, mentega, aiskrim dan lain-lain. Lipid susu boleh melalui perubahan kimia dan fizikal semasa pemprosesan dan penyimpanan seperti autooksidasi dan pembentukan asid lemak trans (Semma, 2002). Autooksidasi lemak menyebabkan penghasilan bahan-bahan molekul rendah berat (aldehid, keton dan lakton) dengan bau yang kurang enak dan menurunkan kualiti dan nilai nutrisi susu seperti kandungan vitamin (Frankel *et al.*, 1987).

1.2 Justifikasi

Projek ini bertujuan untuk mengurangkan kadar oksidasi lemak dalam susu mentah dengan memilih suhu dan tempoh penyimpanan yang sesuai bagi penyimpanan susu kambing mentah. Susu mentah dipilih sebagai unit kajian kerana susu mentah kerana susu ini tidak menjalani sebarang pemanasan atau homogenisasi yang boleh meningkatkan ketahanan susu tersebut. Dalam projek ini, suhu dipilih sebagai rawatan kerana suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi oksidasi lemak dalam susu. Selain itu, suhu juga mudah untuk dikawal dengan menetapkan keadaan penyimpanan susu pada suhu-suhu yang tertentu. Selain itu, jangka hayat susu akan diperhatikan bagi menilai tahap oksidasi lemak pada suhu yang berbeza. Jangka hayat susu ditetapkan dengan menyimpan susu mentah pada tempoh yang berbeza-beza.

Di samping itu, sesetengah pengeluar susu kambing terutamanya penternak kecil tidak mampu untuk membeli peralatan pemprosesan susu yang mahal untuk mengekalkan ketahanan susu tersebut. Oleh itu, susu mentah tersebut memerlukan keadaan penyimpanan terutamanya dari segi suhu dan tempoh penyimpanan yang sesuai untuk mengelakkan berlakunya proses oksidasi lemak dalam susu sebelum ianya dihantar ke kilang untuk pemprosesan atau dijual terus kepada pengguna. Oleh itu, kajian ini bertujuan bagi memberi pilihan kepada pengeluar susu kambing terutamanya para penternak kambing secara kecil-kecilan supaya dapat memilih suhu dan tempoh penyimpanan yang sesuai untuk menyimpan susu yang tidak diproses di samping mengekalkan kesegaran dan kualiti susu tersebut sebelum diedar kepada pengguna.

1.3 Objektif

- 1.3.1** Untuk mengkaji kesan suhu penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.
- 1.3.2** Untuk mengkaji kesan tempoh penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.
- 1.3.3** Untuk menentukan suhu dan tempoh penyimpanan yang sesuai bagi mengawal kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.

1.4 Hipotesis

- 1.4.1** Terdapat perbezaan ketara antara kesan suhu penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.
- 1.4.2** Terdapat perbezaan ketara antara kesan tempoh penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.
- 1.4.3** Tiada perbezaan ketara antara kesan suhu penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.
- 1.4.4** Tiada perbezaan ketara antara kesan tempoh penyimpanan terhadap kadar oksidasi lemak dalam susu kambing mentah.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Susu kambing

Susu kambing adalah cecair putih yang dihasilkan oleh ruminan kecil dari jenis kambing-kambingan (*Caprinae*). Kambing mula menghasilkan susu dari laktasi pertama iaitu setelah melahirkan untuk pertama kalinya. Susu kambing sering digunakan untuk perubatan, penjagaan kesihatan dan penyembuhan penyakit.

Susu kambing mempunyai sifat antiseptik semulajadi yang membantu menghalang pembiakan bakteria dalam tubuh badan. Lemak susu kambing mudah dicerna kerana mempunyai tekstur yang halus dan lebih kecil iaitu 3.49 μm berbanding butiran lemak dalam susu lembu (Park dan Haenlein, 2006). Oleh itu, ianya mempunyai sifat homogenisasi semulajadi.

2.1.1 Penghasilan susu kambing

Kambing menduduki tempat ketiga selepas lembu dan kerbau dari segi jumlah bekalan tahunan susu di dunia. Jumlah tahunan susu yang dihasilkan daripada kambing adalah kira-kira 2% daripada jumlah bekalan susu dunia, di mana kuantitinya lebih kecil berbanding pengeluaran susu lembu dan susu kerbau (Haenlein, 2006). Walau bagaimanapun, lebih



ramai pengguna menggemari susu kambing berbanding susu dari mana-mana spesies lain (Park, 1990)

Dalam tempoh 20 tahun yang lalu, jumlah tan dunia susu kambing meningkat lebih dari itu pengeluaran susu biri-biri (Haenlein, 2006), manakala terdapat peningkatan minat untuk pengeluaran susu kambing dan penukaran kepada produk nilai tambah. Afrika mendahului pengeluaran susu kambing berbanding negara-negara benua lain, manakala Asia mendahului dalam pengeluaran jumlah tan susu tahunan, jumlah kambing dan peningkatan relatif pengeluaran susu kambing (Haenlein, 2006).

Eropah menghasilkan 18.3% susu kambing daripada bekalan susu kambing dunia, sementara negara-negara di sekitar kawasan Mediterranean mempunyai industri kambing susu yang paling membangun, di mana negara-negara seperti Perancis, Greece, Sepanyol dan Itali adalah pengeluar susu kambing utama di kawasan tersebut (Clarke, 2003). Pengeluaran susu kambing adalah sedikit berbanding susu lembu seterusnya menyebabkan industri susu kambing di kebanyakan negara-negara adalah terhad. Walaupun penghasilan isipadu susu kambing adalah agak kecil dalam jumlah bekalan susu dunia, penternakan kambing mempunyai kepentingan ekonomi yang ketara di negara yang mempunyai cuaca yang tidak baik untuk penternakan lembu (Park, 2006). Susu kambing telah menjadi sumber protein, fosfat dan kalsium dalam makanan di negara-negara membangun dan sumbangannya kepada pemakanan dan ekonomi manusia adalah amat besar dalam banyak bahagian-bahagian dunia.

Kepentingan dalam industri susu kambing adalah disebabkan oleh peningkatan permintaan makanan berfungsi dan penggunaan di negara-negara maju , di mana susu kambing dianggap sebagai pengganti susu lembu bagi individu yang mempunyai alahan susu lembu (Clarke, 2003). Di samping itu, produk susu kambing juga baru-baru ini mendapat populariti yang semakin meningkat di kalangan kumpulan-kumpulan etnik tertentu, pencinta makanan kesihatan, pencinta gourmet, penternak kambing, dan peminat keju di Amerika Syarikat (Park, 1990).



2.2 Komposisi susu kambing

Komposisi susu kambing adalah berbeza-beza dan dipengaruhi oleh baka, pemakanan dan faktor persekitaran, peringkat penyusuan, pariti, dan musim penyusuan (Clarke, 2003).

Jadual 1.1: Komposisi asas susu kambing (nilai purata setiap 100g)

Konstituen	Jumlah (%)
Lemak (g)	3.8
Protein (g)	3.5
Laktosa (g)	4.1
Abu (g)	0.8
Jumlah pepejal	12.2
Kalori-kalori	70

Sumber: Park, 2006

2.2.1 Lemak dalam susu kambing

Lemak susu menyediakan sumber tenaga utama dan komponen struktur yang penting untuk sel membran semua spesies mammalia yang baru lahir (Park, 2006). Komposisi, struktur dan kimia lemak susu telah dikaji secara intensif berbanding sumber semulajadi yang lain. Kandungan dan komposisi lemak daripada susu berlainan spesies adalah pelbagai disebabkan oleh faktor pemakanan, peringkat penyusuan, baka dan musim (Park, 2006.).

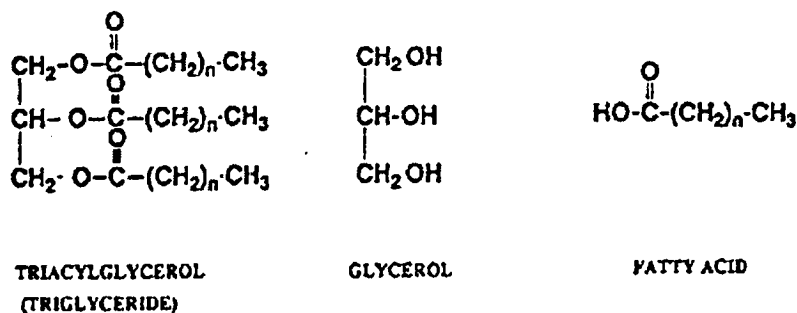
Susu kambing mempunyai pecahan lipid yang tinggi dalam asid lemak tepu. Lemak susu kambing adalah pepejal pada suhu bilik dan mempunyai titik peleburan 37°C, manakala titik peleburan triasilgliserol secara individu berada dalam lingkungan antara -75°C hingga 72 °C (Agostoni, 2003). Purata saiz titisan lemak susu ialah lebih kurang 3.5 mikrometer dan dikategorikan melalui homogenitinya yang tinggi yang memberikan lipase-lipase dengan luas permukaan lemak yang besar untuk mempercepatkan penghadaman (Chandan *et al.*, 1992). Titisan lemak yang lebih kecil yang terdapat dalam susu kambing membolehkan penyebaran lemak yang lebih baik dan keupayaan pengkriman susu yang berkurang yang menyediakan penyeragaman semula jadi yang baik untuk kesihatan manusia (Park, 2006).



Titisan membran lemak susu kambing terdiri daripada membran plasma sel perembesan, fosfolipid, serebrosida, gangliosida dan sterol-sterol (Parkash *et al.*, 1968). Lebih kurang 60% jumlah fosfolipid dalam susu kambing adalah membran titisan lemak (Clarke, 2003), termasuk kolina fosfatidil, ethanolamina fosfatidil, serina fosfatidil, inositol fosfatidil, dan spingomilin. Lipid bebas dan terikat masing-masing adalah kira-kira 97 % dan 1-3 % daripada jumlah lemak dalam susu kambing, di mana lipid bebas mengandungi 96.8 % tri-asilgliserol, 2.2 % di-asilgliserol, dan 0.9% mono-asilgliserol, manakala lipid terikat terdiri daripada 46.8 % lipid neutral dan 53.2% lipid polar (Park, 2006). Pecahan lipid polar lemak susu kambing terdiri daripada 8.5% glikolipid dan 44.7% fosfolipid (Jensen *et al.*, 1989).

2.2.2 Komposisi lemak susu

Trigliserida merupakan kelas lipid utama dalam susu setiap spesis yang terkandung kira-kira 97-98 % daripada jumlah lipid. Selain itu terdapat digliserida dan monogliserida, kolesterol bebas ester kolesteril, asid lemak bebas dan fosfolipid. Tambahan pula, beberapa lipid ringkas dan lipid gliko telah dijumpai (Kurtz, 1974; Christie, 1994). Trigliserida terdiri daripada molekul gliserol di mana tiga asid lemak telah di-ester. Oleh itu, komponen utama trigliserida adalah asid lemak yang mengandungi 85% lemak susu daripada jumlah berat. Monogliserida mengandungi satu asid lemak manakala digliserida mengandungi dua lemak asid lemak. Trigliserida dalam susu adalah kompleks dengan jenis-jenis asid lemak yang berbeza yang telah di-ester kepada gliserol dan posisi di mana asid lemak bercantum juga berbagai-bagai (Akoh *et al.*, 2002).



Rajah 2.1 Struktur trigliserida/triasilgliserol

Sumber: Rossle *et al.*, 1990



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Fosfolipid terkandung kira-kira 1 % daripada jumlah lemak dalam susu. Fosfolipid susu dan produk tenusu adalah pekat sama ada dalam membran titisan lemak susu atau bahan membran yang lain yang berkemungkinan didapati daripada membran titisan lemak susu (Christie, 1994).

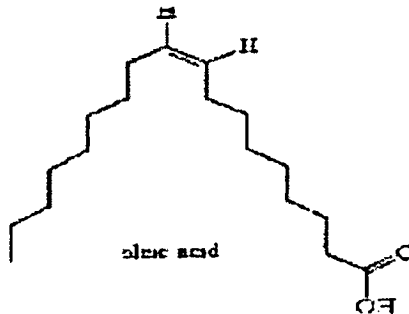
Kolesterol merupakan prinsip sterol yang dijumpai dalam lemak susu walaupun lanosterol dan sedikit dihidrolanosterol dan p-sitosterol (phytosterols) turut dijumpai (Sonntag, 1979). Dianggarkan 10-15% daripada jumlah kolesterol dalam susu dipercayai telah di-ester kepada asid lemak. Asid linolik telah dilaporkan kira-kira 27 % daripada jumlah lemak asid dalam ester-ester kolestril lemak susu (Patton dan McCarthy, 1963). Susu segar mengandungi asid lemak bebas yang meningkat semasa penyimpanan hasil daripada hidrolisis hubungan ester oleh enzim lipase yang telah dirembeskan oleh bakteria psikotrofik. Faktor-faktor yang mempengaruhi peringkat-peringkat asid lemak bebas termasuk nutrisi haiwan, tahap penyusuan, suhu penyimpanan, masa pemerahan susu dan pengembangan pembusuan yang berlaku semasa pemerahan susu dan pengumpulan susu (Rajeh and Burgess, 1991).

2.2.3 Asid lemak dalam susu kambing

Susu kambing kebanyakannya terdiri daripada triasilgliserol, yang mengandungi lebih daripada satu molekul gliserol di mana 3 molekul asid lemak telah dilampirkan. Lebih dari 200 asid lemak dijumpai dalam triasilgliserol lemak susu (Renner, 1982). Secara umumnya asid-asid lemak adalah berbeza dari segi kepanjangan dan boleh dikenal pasti melalui bilangan atom karbon sama ada tepu atau tidak tepu, rantaian lurus atau bercabang (Park, 2006).

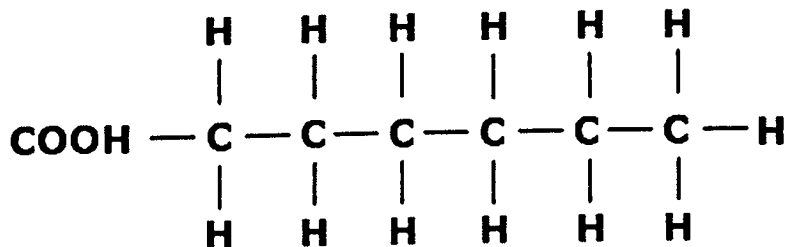
Lemak dalam susu kambing mengandungi asid lemak tidak tepu yang terdedah kepada oksidasi. Jumlah kandungan asid lemak tidak tepu sepanjang pengoksidaan menurun dengan peningkatan serentak dalam jumlah produk oksidasi primer dan sekunder seperti lipid hidroperoksida, aldehid, keton, hidrokarbon, dan alkohol. Produk-produk pengoksidaan adalah amfibilik kecuali hidrokarbon. Kadar oksidasi lemak meningkat apabila tahap asid lemak tidak tepu meningkat dalam makanan dan seterusnya akan menurunkan jangka hayat makanan. Kadar autooksidasi banyak bergantung kepada kadar asid lemak atau pembentukan radikal asilgliserol alkil, dan kadar pembentukan radikal bergantung

terutamanya kepada jenis asid lemak atau asilgliserol (O'Brien, 2004) . Oleh itu, susu yang mengandungi bahagian asid lemak tidak tepu yang tinggi akan mengalami masalah kestabilan.



Oleic Acid (unsaturated milk fat)
<http://www.chem.bris.ac.uk/motm/linoleic/oleic.gif>

Rajah 2.2 : Struktur asid lemak tak tepu



Saturated Fat

Rajah 2.3: Struktur asid lemak tepu

Sumber: Antonio *et al.*, 2008

Pemecahan produk hidroperoksida seperti alkohol, aldehid, keton, dan hidrokarbon, secara amnya mempunyai kehilangan perisa (Gray dan Monahan, 1992). Sebatian ini juga akan berinteraksi dengan komponen makanan lain dan bertukar fungsi dan ciri-ciri nutrisi. Kerosakan dalam makanan berlaku apabila asid lemak tidak tepu mengurai kepada sebatian yang mudah berubah. Produk-produk oksidasi yang mudah berubah ini dihasilkan daripada penguraian hidroperoksida asid lemak. Pemotongan homolitik hidroperoksida di antara dua

molekul oksigen ini adalah merupakan laluan penguraian hidroperoksida. Pelunturan, penyahbauan, dan penapisan fizikal boleh mengeluarkan banyak produk oksidasi tetapi pada hakikatnya kebanyakan lemak komersial mengandungi produk oksidasi lemak.

Oleh kerana asid lemak adalah meluas, lemak susu mempunyai rasa tenusu yang unik di mana manusia menggemarinya. Walau bagaimanapun, lemak ini boleh bertindak sebagai substrat dan prekursor untuk produk-produk ketengikan oksidatif dan hidrolitik yang menyumbang kepada luar-perisa dalam susu. Lemak juga boleh bertindak sebagai pelarut untuk sebatian luar perisa daripada persekitaran (Fox, 1991).

2.3 Oksidasi lemak

Oksidasi lemak merupakan salah satu reaksi kimia yang paling asas dalam makanan. Ianya bertanggungjawab bagi perasa yang digemari dalam makanan tetapi ianya juga bertanggungjawab ke atas pembangunan luar perisa produk-produk makanan (Zhang, 1994). Oksidasi lemak dalam susu dan produk-produk tenusu lain telah dikaji semula (O'Connor dan O'Brien 2006). Kehadiran sebatian yang mudah berubah daripada penguraian produk oksidasi primer boleh menyebabkan susu menjadi tidak sedap dan tidak diterima oleh pengguna (Landaverde, 2005; Hough, 2002).

Apabila berlakunya oksidasi pada tahap yang tinggi, kesan terhadap nutrisi makanan juga boleh berlaku selain daripada kesan deria pada produk oksidasi lemak di mana seterusnya akan memberi kesan buruk kepada pengguna. Jumlah lemak yang terkandung akan mengabaikan kesan penurunan asid lemak poli tak tepu pada masa ini. Kesan yang lebih besar adalah interaksi produk oksidasi lemak dengan nutrien-nutrien penting lain seperti vitamin (Wasowicz dan lain-lain, 2004).

Oksidasi lemak boleh berlaku melalui laluan foto-oksidasi dan autooksidasi (Beltagi dan Mohamed, 2013). Produk tenusu diberi perhatian bagi reaksi oksidasi tanpa enzim kerana reaksi ini merupakan pencetus kepada pembangunan perisa oksidasi.

RUJUKAN

- Agostoni, C. 2003. Compliance of present recommendations of fatty acids in formulas for term infants with the actual human milk fatty acid composition in different populations. *Acta Paediatr.* 92:785-789.
- Akoh, C.C., S. Sellappan, L.B. Fomuso, and V.V. Yankah. 2002. Enzymatic synthesis of structured lipids. Pages 433-460 in *Lipid Biotechnology*. T.M. Kuo and H.W. Gardner, ed. Marcel Dekker, New York.
- Chandan RC, Attaie R, Sahani KM. 1992. Nutritional aspects of goat milk and its prospects. *Proc V Intl Conf on Goats*. New Delhi India: Vol. II. Part 1. p. 399-420.
- Chan, H.W.S. & Coxon, D.T., (1987). Lipid hydroperoxides. In: *Autoxidation of unsaturated lipids*, (p.17-50). Academic Press Inc., London.
- Coupland, J.N and D.J. McClements. 1996. Lipid oxidation in food emulsions. *Trends Food Sci. Technol.* 7 (3): 83-91.
- El-Beltagi HS, Mohamed HI. 2013. Reactive oxygen species, lipid peroxidation and antioxidative defense mechanism. *Not Bot Horti Agrobo* 41(1):44-57.
- Frankel, E.N., A.M. Nash and J.M. Synder, 1987. A methodology study to evaluate Quality of soybeans stored at different moisture levels. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 64: 987-992.
- Haenlein G.F.W. 2006. Goat milk in: *Handbook of milk of nonbovine mammals*. Y.W. Park and G.F.W. Haenlein, eds. Blackwell Publishing Professional, Oxford, England and Ames, Iowa. Pp 11-33.
- Havemose MS, Justesen P, Bredie WLP, Nielsen JH. 2007. Measurement of volatile oxidation products from milk using solvent assisted flavor evaporation and solid phase microextraction. *Int Dairy J* 17:746-752.
- Hedegaard RV, Kristensen D, Nielsen JH, Frost MB, Ostdal H, Hermansen JE, Kroger-Ohlsen M, Skibsted LH. 2006. Comparison of descriptive sensory analysis and chemical analysis for oxidative changes in milk. *J Dairy Sci* 89:495-504.
- Hough G, Sanchez RH, Gabarini de Pable G, Sanchez RG, Calderon Villaplana S, Gimenez AM, Gambaro A. 2002. Consumer acceptability versus trained sensory panel scores of powdered milk shelf-life defects. *J Dairy Sci* 85:2075-2080.
- Hussien, A. and F. H. Kratzer. 1982. Effect of rancidity on the feeding values of rice bran for chickens. *Poult. Sci.* 61:2450-2455.



- Jensen, R. G. 1989. Lipids in human milk - composition and fat-soluble vitamins. Pages 157-208 in Textbook of gastroenterology and nutrition in infancy. 2nd ed. E. Lebenthal, ed. Raven Press, New York.
- Jensen, R.G., A.M. Ferris and C.J. Lammi-Keefe, 1991. The composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, 74: 3228- 3243.
- Kamal-Eldin A, Pokorny J. 2005. Lipid oxidation products and methods used for their analysis. In: Kamal-Eldin A, Pokorny J. Analysis of lipid oxidation. Champaign, IL: AOCS Press. p 1-16.
- Ke, P. & Woyewoda, A. 1979. Microdetermination of thiobarbituric acid values in marine lipids by a direct spectrophotometric method with a monophasic reaction system. *Analytica Chimica Acta*, 106, 279-284.
- Kirk, R. S. and R. Sawyer. 1991. Pearson's composition and analysis of foods. 9th edition. Harlow: AWL. USA, pp. 25-26.
- Kurtz, F.E. (1974). The lipids of milk: composition and properties. *In* Fundamentals of Dairy Chemistry (2nd Edition). Eds. Webb, B.H. and Johnson, A.H. AVI Publishing Company, Westport, Conn., USA. pp 1-17.
- Mestdagh F, Meulenaer BD, De Clippeleer J, Devlieghere F, Huyghebaert A. 2005. Protective influence of several packaging materials on light oxidation of milk. *J Dairy Sci* 88:499-510.
- O'Brien, R.D. Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications. Second Edition. London: CRC Press. 2004, pp 192-199.
- O'Connor, T.P. and O'Brien, N.M. (1994). Lipid Oxidation. *In* Adv. Dairy Chem., Vol. 2. Ed. Fox, P.F. Elsevier Applied Science, London, pp 309-347.
- Parkash, S. and Jenness, R. 1968. The composition and characteristics of goat's milk: A review. *Dairy Sci. Abstr.*, 30: 67.
- Park, Y.W. and Haenlein, G.F.W. 2006. Therapeutic and hypoallergenic values of goat milk and implication of food allergy. In "Handbook of Milk of Nonbovine Mammals", ed. Y.W. Park and G.F.W. Haenlein, pp. 121-136 Blackwell Publishing Professional, Oxford, England and Ames, Iowa.
- Park, Y.W. 1990. Nutrient profiles of commercial goat milk cheeses manufactured in the United States. *J. Dairy Sci.* 73: 3059-3067.
- Park, Y.W. 2006. Goat milk- chemistry and nutrition. In: Handbook of Milk of Nonbovine Mammals. Y.W. Park and G.F.W. Haenlein, eds. Blackwell Publishing Professional. Oxford, England and Ames, Iowa. Pp. 34-58.

- Patton, S. and McCarthy, R.D. (1963). Structure and synthesis of milkfat. IV. *J. Dairy Sci.* 46: 396-400.
- Rajeh, K.K. and Burgess, K.J. (1991). *In Milkfat: Production, Technology and Utilization*. Eds. Rajeh, K.K. and Burgess, K.J. Society of Dairy Technology.
- Ramezanzadeh, F. M., R. M. Rao, W. Prinyawiwatkul, W. E. Marshall and M. Windhauser. 2000. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *J. Agric. Food Chem.* 48: 464-467.
- Renner, E. 1982. Milk and milk products in human nutrition. Volkswirtschaft. Verlag, Munich. Pp. 467.
- Rossell JB. 1994. Measurement of rancidity. In Allen JC, Hamilton RJ, editors. Rancidity in foods. New York: Chapman & Hall. p 22-53.
- Semma, M., 2002. Trans fatty acids: properties, benefits and risks. *J. Health Sci.*, 48: 7-13.
- Shahidi F. 2000. Lipid in flavor formation. In: Risch SJ, Ho CT, editors. Flavor chemistry. Washington, DC: ACS Symposium Series, American Chemical Society. p 24-43.
- Sonntag, N.O.V. (1979). Structure and composition of fats and oils. *In Baileys Ind. Oil and Fat Products*, Vol. 1 (4 th Ed.). Ed Swem, A. John Wiley & Son, Interscience Ltd, New York.
- Tzboula-Clarke, A. 2003. Goat milk in: *Encyclopedia of Dairy sciences*. Academic press H. Roguiski, J. Fuquay and P. Fox, eds. Pp 1270.
- Van Aardt M, Duncan SE, Marcy JE, Long TE, O'Keefe SF, Nielsen-Sims SR. 2005b. Aroma analysis of light-exposed milk stored with and without natural and synthetic antioxidants. *J Dairy Sci* 88:881-890.
- Wasowicz E, Gramza A, Hes M, Jelen HH, Korczak J, Malecka M, Mildner-Szkudlarz S, Rudzinska M, Samotyja U, Zawirska-Wojtasiak R. 2004. Oxidation of lipids in food. *Pol J Food Nutr Sci* 54(13):87-100.
- Webb, B.H. and Johnson, A.H. (1974). *Fundamentals of Dairy Chemistry*. Eds. Webb, B.H. and Johnson, A.H. AVI Publishing. Westport, Conn, USA.
- Wong, N.P., R. Jenness, M. Keeney, and E.H. Marth. 1988. *Fundamentals of dairy chemistry*. 3rd. Von Nostrand Reinhold Company, New York, NY.
- Zhang Y, Ritter WJ, Barker CC, Traci PA, Ho CT. 1994. Volatile formation by lipid-mediated Maillard reaction in model systems. In: Ho CT, Hartman TG, editors. *Lipids in food flavors*. Washington DC: American Chemical Society. p 49-60.