

Uji Sifat Fisika Dan Kimia Susu Sapi Dan Susu Kambing Yang Dipapar Dengan Ultraviolet Sistem Sirkulasi

Budi Hariono ¹, Sutrisno ¹, Kudang Boro Seminar ¹, Rarah Ratih A Maheswari ²

¹Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680.

Email: budi_hariono_poltek@yahoo.com, kensutrisno@yahoo.com, seminar kudangboro@yahoo.com

²Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680.

Email: rarah_maheswari@yahoo.co.id

ABSTRAK

Jaminan keamanan produk pangan asal susu baik susu sapi dan susu kambing perlu mendapat perhatian khusus, terutama susu kambing karena adanya anggapan dan kepercayaan masyarakat akan khasiat susu kambing bagi kesehatan jika dikonsumsi dalam keadaan mentah. Guna memenuhi keinginan masyarakat untuk mengkonsumsi produk yang ASUH (Aman, Sehat, Utuh dan Halal) susu perlu mendapatkan perlakuan proses pemanasan. Pasteurisasi yang cocok untuk penanganan susu terutama susu kambing dilakukan dengan pasteurisasi *non thermal* metode ultraviolet (UV) karena keunggulannya dapat membunuh mikroba patogen tanpa merusak komposisi bahan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan kajian pengaruh lama penyinaran ultraviolet (frekuensi sirkulasi) terhadap sifat fisika dan kimia susu sapi dan susu kambing dengan sistem sirkulasi. Susu dilewatkan pada reaktor ultraviolet (dosis 509.1 mJ/cm²) dengan laju aliran sebesar 10 GPH dengan pompa RO 24 volt dan disirkulasikan sebanyak dua, empat dan enam kali sirkulasi dan perlakuan kontrol dengan tiga kali ulangan. Parameter yang diamati adalah: sifat fisika (viskositas, panas spesifik, conductivity, pH, kadar air, titik beku dan berat jenis) serta sifat kimia (kadar lemak, kadar bahan kering tanpa lemak, kadar protein, dan kadar laktosa). Hasil yang dicapai adalah: a) susu kambing mempunyai sifat fisik yang lebih tinggi seperti berat jenis, konduktivitas listrik, viskositas, tetapi titik beku, pH, kadar air, panas spesifik lebih rendah dari rata-rata susu sapi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Haenlein & Wendorff 2006), b) susu kambing mempunyai sifat kimia yang lebih besar seperti kadar lemak, kadar berat kering tanpa lemak (BKTL), kadar protein, berat kering total, tetapi laktosa lebih rendah dari rata-rata susu sapi. Berdasarkan parameter sifat fisika dan kimia yang diamati, perlakuan dua sirkulasi merupakan perlakuan terbaik karena sedikit menyebabkan perubahan baik pada sifat fisika dan kimia susu sapi dan susu kambing bila dibandingkan dengan kondisi susu segar.

Kata kunci : Sifat fisika, sifat kimia, susu kambing, susu sapi, ultraviolet

PENDAHULUAN

Pengaruh cahaya UV pada bahan pangan diukur dengan dua cara. Cara pertama dengan melakukan evaluasi kualitas organoleptik bahan pangan atau evaluasi sensori meliputi rasa, bau, kenampakan dan tekstur dengan panelis terlatih. Cara kedua dilakukan dengan pengukuran sifat fisika dan kimia. Beberapa jenis bahan pangan memiliki sensitivitas yang berbeda-beda terhadap cahaya ultraviolet (Koutchma *et al*, 2009), dan dikelompokkan dalam empat golongan berdasarkan kemampuan mempertahankan kualitas organoleptik dibawah kuat cahaya hingga 500 lux. Kelompok bahan pangan yang paling sensitif antara lain: krim asam, krim kocok, sup sayuran kering, mentega, margarin, susu, dan mayones. Kelompok bahan pangan ini mudah mengalami penyimpangan flavor (*off-flavour*) setelah beberapa jam mengalami pemaparan (penyinaran). Kelompok kedua adalah bahan pangan yang mengalami deteriorasi setelah 24-70 jam seperti gula, roti, keju, coklat, bahan saus, kacang hijau dan kacang asin. Kelompok ketiga adalah bahan pangan yang dapat mengalami perubahan pada 4-7 hari penyimpanan seperti beras, irisan kentang dan caramel, sedangkan kelompok keempat adalah bahan pangan dengan

sensitivitas terendah dengan umur simpan 10-30 hari seperti mie telur, almonds dan kacang kuning.

Irradiasi UV adalah salah satu proses pengawetan bahan pangan tanpa panas yang dapat menginaktivasi mikroorganisme (Sastry *et al.* 2000). Aplikasi irradiasi UV digunakan untuk menginaktivasi mikroorganisme pada produk cuka apel (Wright *et al.* 2000; Hanes *et al.* 2002; Basaran *et al.* 2004), pada produk susu kambing (Matak *et al.* 2005), pada susu sapi (Krishnamurthy *et al.* 2004).

Pengaruh utama dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme terdapat pada UV-C, dengan radiasi mencapai 1000 J/m² mampu menginaktivasi bakteri, jamur dan virus hingga 4 log-siklus. Mekanisme kematian sel disebabkan oleh terserapnya sinar UV oleh DNA/RNA. UV-C sering digunakan secara komersial untuk disinfektan partikel penyaring udara dan untuk dekontaminasi permukaan setelah pembersihan. UV memiliki sifat penetrasi yang rendah, sehingga lebih cocok digunakan untuk perlakuan permukaan. Penggunaan UV diijinkan di beberapa negara untuk aplikasi pada produk makanan, tetapi dapat dengan mudah menyebabkan perubahan warna dan *off flavor* (cita rasa yang menyimpang) jika penggunaan dosis dan lama perlakuan tidak tepat (Koutchma *et al.*, 2009).

Aplikasi cahaya UV dengan efek germisidal saat ini luas digunakan pada disinfeksi udara, sterilisasi bahan pangan cair dan penghambatan mikroorganisme pada permukaan bahan (Bintsis *et al.* 2000). Pada dunia industri pangan, iradiasi UV-C telah diaplikasikan pada berbagai proses dan produk seperti disinfeksi udara pada produk daging, sayuran dan air yang akan digunakan pada proses pengolahan bahan pangan, sedangkan penghambatan bakteri di permukaan telah banyak dikembangkan untuk produk segar seperti ayam, ikan, telur dan berbagai bahan pangan cair seperti susu, jus jeruk dan cider (Basaran *et al.* 2004; Duffy *et al.* 2000; Hadjock *et al.* 2008; Liltved & Landfald 2000; Matak *et al.* 2005; Quintero-Ramos *et al.* 2004). Penelitian pengaruh lama penyinaran ultraviolet terhadap sifat fisika dan kimia susu sapi dan susu kambing menjadi penting sebagai upaya awal aplikasi UV dalam proses pasteurisasi susu sapi dan susu kambing.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Kimia Susu Sapi

Susu segar adalah susu murni yang diperoleh sebagai sekresi normal yang tidak mendapatkan perlakuan apapun kecuali proses pendinginan dan tanpa mempengaruhi kemurniannya dan diperoleh dari pemerahan hewan sehat secara kontinyu dan sekaligus, susu segar harus memenuhi syarat-syarat tertentu agar aman dikonsumsi dan digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya (SNI 1998). Menurut SNI (1998), sifat kimia susu sapi segar adalah a) kadar lemak (minimal 3.0%); b) kadar bahan kering tanpa lemak (BKTL) minimal 8.0%; c) kadar protein minimal 2.7%; d) berat jenis pada suhu 27.5°C minimal 1.0280 g/cm³; e) pH 6-7; f) titik beku -0.520 s/d -0.560°C.

Sifat Kimia Susu Kambing

Sifat kimia susu kambing meliputi kadar lemak, kadar protein, kadar laktosa, kadar abu, bahan kering tanpa lemak serta total bahan kering tertera pada Tabel 1. Menurut Thai Agricultural Standar (2008) susu kimia susu kambing diklasifikasikan dalam tiga kriteria, yaitu kualitas premium, baik dan standar dengan nilai kadar protein, lemak dan berat kering berturut-turut >3,70%, >4,00%, >13,00%; >3,40-3,70%, 3,50-4,00%, >12,00-13,00% dan 3,10-3,40%, 3,25-3,50%, 11,70-12%.

Tabel 1. Komposisi Kimia Susu Kambing

Lemak	Protein	Laktosa	Abu	BKTL	BK	Sumber
------(%)-----						
4.10	3.60	4.70	0.80	9.10	13.20	Fox (2003)
4.50	2.90	4.10	0.80	8.70	13.20	Chandan <i>et al.</i> (2007)

Sifat Fisika Susu Sapi dan Susu Kambing

Sifat fisika meliputi spesifik gravity (berat jenis), viskositas, konduktivitas titik beku, pH dari susu sapi dan susu kambing tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa Sifat Fisika Susu Sapi Dan Susu Kambing

Sifat	Susu Sapi ^a	Susu Kambing ^b
Berat jenis (g/cm ³)	1.0231-1.0398	1.029-1.039
Viskositas (cP)	2.0	2.12
konduktivitas ($\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$)	0.0040-0.0055	0.0043-0.0139
Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	-0.530 sampai -0.570	- 0.540 sampai -0.573
pH	6.65-6.71	6.50-6.80

^a Jennes *et al.* (1974) diacu dalam Park *et al.* (2007)

^b Juarez dan Ramos 1986 diacu dalam Park *et al.* (2007)

Cahaya UV

Cahaya UV mempunyai panjang gelombang antara 100 sampai 400 nm yang dibedakan menjadi UV-A (315 – 400 nm) yang dapat mengakibatkan perubahan warna pada kulit menjadi hitam yang disebut dengan “tanning”, UV-B (280 – 315 nm) yang menyebabkan kulit terbakar dan sering digunakan untuk penyinaran penyakit kanker, UV-C (200 – 280 nm) yang disebut wilayah germisidal yang efektif untuk inaktivasi bakteri dan virus, serta UV-vakum (100 – 200 nm) yang dapat diserap oleh semua bahan dan dapat diteruskan hanya pada kondisi vacuum (Koutchma *et al.* 2009). Sumber cahaya UV umumnya digolongkan dalam tiga tipe yaitu: a) Low Pressure (LP); b) Low Pressure High Output (LPHO); dan c) Medium Pressure (MP). Tipe lampu UV didasarkan pada tekanan gas merkuri ketika lampu UV dioperasikan.

Penelitian Aplikasi UV untuk Pasteurisasi

Beberapa penelitian aplikasi UV pada produk pertanian telah banyak dilakukan. Oteiza (2005) melakukan inkulasi *E. coli* K12 pada produk jus jeruk pada chamber UV statik dengan dosis 6 J/cm² menemukan bahwa nilai inaktivasi bersifat linier. Tran dan Farid (2004) memperlakukan UV pada jus jeruk pada model lampu UV LPM (6 W) pada lapisan tipis jus jeruk berkisar 0.21-0.48 mm dengan dosis 12-147.6 mJ/cm² menghasilkan reduksi mikroba patogen sebesar 3 log-siklus. Koutschma *et al.* (2007) menggunakan modul UV model 420 (Salcor Inc., Fallbrook, CA) dengan 24 buah lampu UV untuk pasteurisasi jus segar, menghasilkan koefisien absorpsi 48 cm⁻¹ dengan nilai inaktivasi untuk 1, 2 dan 3 jus yang disirkulasikan melewati lampu UV berturut-turut menghasilkan reduksi mikroba sebesar 2.23; 3.60 dan 4.8 log-siklus. Keysler *et al.* (2008) menggunakan modul pipa spiral PureUV (Milnerton, South Africa) pada skala komersial dengan lampu UV (dosis 100 W out-put, 30 W UV-C out-put) yang diproteksi dengan tabung quartz dengan laju aliran 3800 liter/jam mampu menginaktivasi bakteri patogen sebesar 3 log-siklus. Aplikasi UV pada produk jus apel dilakukan oleh Wright *et al.* (2000) dengan dosis 9-61

mJ/cm² dapat menginaktivasi *E coli* O157:H7 sebesar 3.8 log-siklus; Koutchma *et al.* (2004) dengan dosis UV sebesar 14.5 mJ/cm² pada *E. coli* K12 menghasilkan reduksi mikroba sebesar 3-4 log-siklus; Guerrero-Beltran dan Barbosa-Canovas (2005) dengan dosis 5135 mJ/cm² pada *L. innocua* menghasilkan inaktivasi sebesar 4.29 log-siklus; Forney *et al.* (2004) dengan dosis 21.7 mJ/cm² pada *E.coli* 15597 menghasilkan inaktivasi sebesar 3-5 log-siklus.

Iradiasi UV berhasil diterapkan untuk pasteurisasi pada susu kambing (Lodi *et al.* 1996) yang mampu mereduksi total bakteri antara 50% - 60%, dan bakteri coliform 80% - 90%, Matak *et al.* (2004), melakukan perlakuan sebanyak 12 kali sirkulasi melewati lampu UV dengan dosis 15.8 +/- 1.6 mJ/cm² dengan waktu perlakuan 18 detik menghasilkan rata-rata kadar lemak dan kadar protein berturut-turut sebesar 4.1 ± 0.09% dan 2.9 ± 0.03%; Krishnamurthy *et al.* (2004) pada produk susu sapi yang diinokulasi dengan bakteri *S. aureus* dengan perlakuan dosis 5.6 J/cm² dengan volume, jarak sampel dari UV dan waktu perlakuan berturut-turut sebesar 30 ml, 8 cm dan 180 detik menghasilkan inaktivasi *S. aureus* sebesar 8.55 log-siklus.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak (THT), Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, dengan waktu penelitian bulan Maret – April 2011.

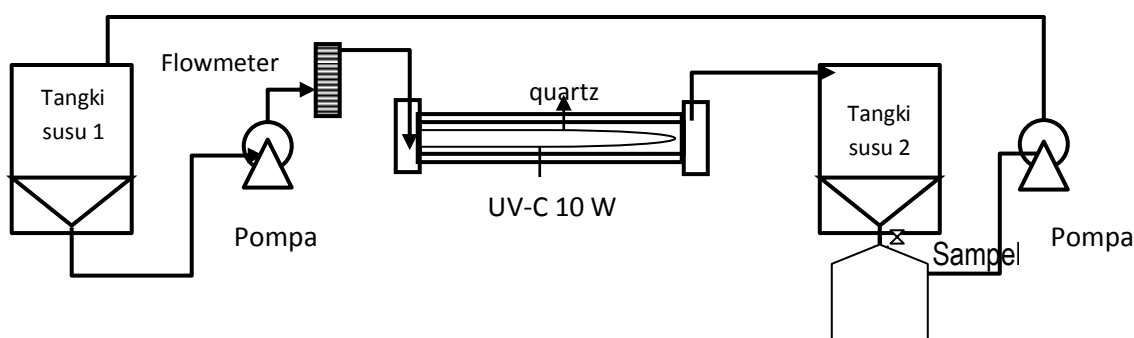
Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah susu sapi dan susu kambing yang diperoleh berturut-turut dari peternakan sapi perah Fakultas Peternakan IPB dan Pesantren Pertanian Ciampea Bogor. Alat yang digunakan adalah bejana susu, reaktor UV-C output merk Kadind GPH 180T5L/10W buatan Kada (USA) Inc, pompa Reverse Osmosis merk Deng Yuang TYP-2500N, selang silikon "food grade", kran, flowmeter, milkotester, pH meter, konduktivitas meter, laktodensimeter serta viskosimeter.

Metode Penelitian

Proses Pasteurisasi Ultraviolet

Sistem reaktor UV didesain dan dipabrikan oleh Kada (USA) Inc. Reaktor terdiri atas saluran pemasukan dan pengeluaran terbuat dari bahan ST 316, lampu UV 10 W UV-C 253,7 nm, tabung quartz. Sampel susu sebanyak 3 liter dipompa dari tangki susu 1 (suhu 27±1°C, dialirkan menuju flowmeter (debit diatur sebesar 10 galon per menit) menuju inlet reaktor UV, lampu UV disambungkan dengan skalar listrik AC 220 V (dalam posisi on) hingga susu mengalir ke tangki susu 2, yang selanjutnya dipompa menuju tangki susu 1. Tahap ini disebut dengan 1 sirkulasi. Susu diambil sebanyak 1 liter untuk tiap-tiap perlakuan 2, 4 dan 6 sirkulasi untuk diuji sifat fisika kimia. Bagan peralatan pasteurisasi UV tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik peralatan pengujian

Pengukuran Dosis UV

Dosis UV adalah perkalian antara intensitas cahaya UV dengan waktu penyinaran. Satuan dosis UV adalah mWs/cm^2 atau mJ/cm^2 (Matak *et al.* 2005), atau dapat juga dihitung dosis UV per volume cairan yang diperoleh total UV-C output (Watt) dibagi dengan debit aliran cairan (L/jam). Satuan dosis per volume adalah J/liter (Keyser *et al.* 2007).

Dosis UV per area

Panjang tabung quartz yang digunakan adalah 240 cm dengan luas permukaan sebesar (As) $188.57 cm^2$. Volume ruang antara tabung quartz dengan tabung reaktor adalah 0.32 L. Jarak antara lampu UV-C dengan tabung quartz adalah 5 mm sepanjang permukaan tabung quartz. Perhitungan dosis per area didasarkan pada luas permukaan tabung quartz, sehingga intensitas per reaktor dapat dihitung sebagai berikut: (Keyser *et al.* 2007).

$$\text{Intensitas (I)} = \frac{\text{total UV - C output per unit (Watt)}}{\text{luas permukaan tabung kwarsa (cm}^2\text{)}} = \frac{10 W}{188.57 cm^2} = 53030.7 \frac{\mu W}{cm^2}$$

Waktu perlakuan (T) per reaktor dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Waktu perlakuan (T)} = \frac{\text{Volume reaktor (L)}}{\text{Debit aliran (L/ jam)}} = \frac{0.32 L}{36 L/jam} = 32 s$$

Dosis UV per reaktor pada sistem sirkulasi dihitung dari perkalian antara Intensitas (I) dan Waktu perlakuan (T), sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Dosis} &= \text{Intensitas (I)} \times \text{Waktu perlakuan (T)} \\ &= 53030.7 \frac{\mu W}{cm^2} \times 32 s = 1\,696\,982 \frac{\mu Ws}{cm^2} = 1\,697 \frac{mJ}{cm^2} = 1.7 \frac{J}{cm^2} \end{aligned}$$

Efisiensi dari lampu UV-C tipe soft glass sebesar 25% - 35% (Schalk 2005), sehingga dosis UV menjadi $509.1 mJ/cm^2$.

Dosis UV per Volume

Laju aliran sebesar 36 L/jam dengan waktu perlakuan 23 detik, maka dosis UV per satuan volume pada susu yang dipasteurisasi UV untuk 1 kali sirkulasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Dosis} = \frac{\text{total UV - C output per unit (Watt)}}{\text{laju aliran (L/s)}} = \frac{10 W}{0.01 L/s} = 100 Ws/L = 100 J/L$$

Efisiensi dari lampu UV-C tipe soft glass sebesar 25% - 35% (Schalk 2005), sehingga dosis UV menjadi 25 J/L.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan kontrol (tanpa UV/susu segar), dua, empat dan enam kali sirkulasi dengan tiga kali ulangan. Hasil dianalisa dengan analisa sidik ragam (ANOVA), apabila hasil analisa menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Model matematika rancangan tersebut menurut Steel dan Torrie (1991):

$$Y_{ij} = \mu + P_i + \varepsilon_{ij}$$

Dimana :

Y_{ij} : nilai pengamatan sirkulasi UV ke i dan ulangan ke-j

μ : nilai tengah umum

P_i : pengaruh sirkulasi UV ke-i

ε_{ij} : galat percobaan untuk perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

Pengamatan Penelitian

Pengamatan dilakukan terhadap sifat fisika dan kimia susu meliputi: kadar lemak, kadar bahan kering tanpa lemak, berat jenis, titik beku, kadar protein, kadar laktosa, kadar air, pH, konduktivitas, panas spesifik, viskositas. Pengukuran kadar lemak, kadar bahan kering tanpa lemak, berat jenis, titik beku, kadar protein, dan kadar laktosa dilakukan dengan milkotester merk Mini Master, pH diukur dengan pH meter merk A-Z, konduktivitas diukur dengan konduktivitas meter merk A-Z, viskositas diukur dengan viskosimeter metode *falling ball*, dan panas spesifik dihitung dengan metode Singh dan Heldman (1993).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sifat Fisika dan Sifat Kimia

Sifat fisika dan kimia susu sapi dan susu kambing yang dipapar sinar UV tertera pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Sifat Fisika Dan Kimia Susu Sapi Yang Telah Dipapar Sinar Uv

Pengujian	Perlakuan			
	Kontrol	Dua sirkulasi	Empat sirkulasi	Enam sirkulasi
Sifat Fisika				
Viskositas	1.94±0.0044 ^a	1.98±0.0097 ^b	2.02±0.0080 ^c	2.21±0.020 ^d
Berat jenis	1.0252±0,00045 ^a	1.0258±0,00035 ^a	1.0239±0,00166 ^a	1.0257±0,00135 ^a
Konduktivitas	0.0037±0.00064 ^a	0.0038±0.00045 ^a	0.0045±0.000051 ^a	0.0034±0.00040 ^a
pH	6.00±0.33 ^a	6.16±0.40 ^{ab}	7.17±0.064 ^c	7.14±0.15 ^{cd}
Titik beku	-0.51±0.0078 ^a	-0.51±0.011 ^{ab}	-0.47±0.029 ^c	-0.53±0.010 ^{abd}
Panas spesifik	3.87±0.008 ^a	3.87±0.010 ^{ab}	3.90±0.015 ^c	3.90±0.014 ^{cd}
Sifat Kimia				
Kadar lemak	4.06±0.24 ^a	3.86±0.34 ^{ab}	3.52±0.20 ^c	3.37±0.15 ^{cd}
BKTL	8.27±0.14 ^a	8.22±0.06 ^a	7.66±0.45 ^a	7.54±0.51 ^a
Kadar protein	3.21±0.047 ^a	3.22±0.044 ^{ab}	2.98±0.17 ^c	3.30±0.082 ^{abd}
Kadar laktosa	4.35±0.059 ^a	4.35±0.061 ^{ab}	4.03±0.236 ^c	4.46±0.104 ^{abd}
Berat kering	12.33±0.30 ^a	11.49±0.62 ^a	11.17±0.61 ^a	10.91±0.58 ^a
Kadar air	87.67±0.30 ^a	87.918±0.40 ^{ab}	88.827±0.61 ^c	89.093±0.58 ^{cd}

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom dan baris yang sama, berbeda (P<0,05)

Tabel 4. Sifat Fisika Dan Kimia Susu Kambing Yang Telah Dipapar Sinar Uv

Pengujian	Perlakuan			
	Kontrol	Dua sirkulasi	Empat sirkulasi	Enam sirkulasi
Sifat Fisika				
Viskositas	2.05±0.0045 ^a	2.10±0.0093 ^b	2.13±0.0079 ^c	2.33±0.021 ^d
Berat jenis	1.0298±0.00078 ^a	1.0296±0.00081 ^a	1.0292±0.00059 ^a	1.0289±0.00072 ^a
Konduktivitas	0.0044±0.000061 ^a	0.0044±0.000040 ^a	0.0044±0.000050 ^a	0.0044±0.000064 ^a
pH	6.37±0.030 ^a	6.37±0.051 ^a	6.30±0.10 ^a	6.22±0.15 ^a
Titik beku	-0.49±0.008 ^a	-0.48±0.011 ^a	-0.48±0.006 ^a	-0.47±0.011 ^a
Panas spesifik	3.76±0.02 ^a	3.77±0.01 ^a	3.78±0.01 ^a	3.78±0.01 ^a
Sifat Kimia				
Kadar lemak	6.74±0.58 ^a	6.59±0.42 ^a	6.53±0.57 ^a	6.44±0.56 ^a
BKTL	9.77±0.12 ^a	9.67±0.16 ^a	9.57±0.07 ^a	9.47±0.12 ^a
Kadar protein	5.35±0.031 ^a	5.29±0.049 ^b	5.24±0.017 ^c	5.18±0.031 ^d
Kadar laktosa	3.50±0.087 ^a	3.47±0.095 ^a	3.42±0.068 ^a	3.40±0.087 ^a
Berat kering	16.51±0.47 ^a	16.26±0.27 ^a	16.10±0.05 ^a	15.91±0.04 ^a
Kadar air	83.49±0.47 ^a	83.74±0.27 ^a	83.91±0.05 ^a	84.09±0.04 ^a

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom dan baris yang sama, berbeda ($P < 0,05$)

Pembahasan

Sifat Fisika

Viskositas

Pada kondisi susu normal, viskositas dipengaruhi oleh konsentrasi lemak, protein, temperatur, pH dan umur susu. Viskositas susu sapi (Jennes *et al.*, 1974 diacu dalam Park *et al.*, 2007) dan susu kambing (Juarez & Ramos 1986 diacu dalam Park *et al.*, 2007) berturut-turut adalah 2,0 cP dan 2,12 cP, sedangkan viskositas air 1,005 cP yang diukur pada suhu 20°C. Viskositas diukur menggunakan alat viscosimeter tipe *falling ball* dengan persamaan: $\mu = K (pt - \rho) * t$, dengan: μ = viskositas (cP); K = konstanta viscosimeter = 3,3; pt = massa jenis bola yang digunakan (g/ml), dimana untuk bola gelas = 2,53 (g/cm³); bola stainless steel = 8,02 (g/cm³) dan bola tantalum = 16,6 (g/cm³); ρ = berat jenis fluida yang diukur (g/cm³); t = waktu yang dibutuhkan bola untuk jatuh dari batas atas sampai batas bawah (menit).

Viskositas dinamik susu menurun ketika temperatur cairan meningkat. Kondisi ini berbeda dengan hasil yang diperoleh yaitu viskositas susu cenderung meningkat dengan meningkatnya temperatur susu. Laju peningkatan viskositas susu sapi dan susu kambing berturut-turut 0,0837 cP dan 0,0856 cP untuk peningkatan suhu pada susu kontrol, dua, empat dan enam sirkulasi berturut-turut 26,5°C; 29,0°C; 30,50°C; dan 32,25°C. Kondisi di atas bisa dijelaskan karena adanya butiran kasein yang mampu mengeliminir pengaruh kenaikan temperatur. Meningkatnya viskositas susu selama proses pemanasan disebabkan koagulasi protein sehingga menghasilkan viskositas yang lebih tinggi.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap viskositas susu sapi dan susu kambing (Tabel 3 dan 4). Viskositas susu sapi dan susu kambing pada perlakuan kontrol, dua, empat dan enam sirkulasi berturut-turut berkisar antara 1,94 – 2,1 cP dan 2,05 – 2,33 cP. Viskositas susu kambing lebih besar dibandingkan susu sapi, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Meihai (1974) diacu dalam Park (2006) yang menyebutkan bahwa viskositas susu sapi dan susu

kambing berturut-turut 1,7 cP dan 2,12 cP; Jennes *et al.* (1974) diacu dalam Park *et al.* (2007) susu sapi sebesar 2,0 cP dan Juarez dan Ramos (1986) diacu dalam Park *et al.* (2007) pada susu kambing 2,12 cP.

pH

Menurut SNI (1998) susu sapi segar yang normal mempunyai pH berkisar antara 6,5 – 6,8, hal ini berarti susu bersifat sedikit asam dan Jennes *et al.* (1974) diacu dalam Park *et al.* (2007) nilai pH berkisar 6,65-6,71. Nilai pH susu kambing menurut Juarez dan Ramos (1986) diacu dalam Park *et al.* (2007) adalah 6,50-6,80. Nilai pH lebih besar dari 7 dapat disebabkan oleh mastitis dari ambing hewan yang diperah, sedangkan bila pH di bawah 6 dapat disebabkan colostrum atau bakteri pembusuk.

Nilai pH susu yang meningkat akan menyebabkan viskositas susu juga meningkat sebagai akibat pecahnya butiran kasein (Walstra *et al.* 1999) diacu dalam Park (2006). Penurunan pH susu pada umumnya langsung menyebabkan sedikit penurunan viskositas, dimana pada penurunan pH yang lebih drastis akan menyebabkan peningkatan viskositas karena adanya agregasi kasein (Walstra *et al.* 1999) diacu dalam Park (2006). Viskositas susu sedikit dipengaruhi proses homogenisasi.

Viskositas tidak mengalami perubahan ketika pH menurun pada kisaran 6,4–5,4 dimana butiran kasein mendekati seragam dalam ukuran dan distribusi; pada pH 5,4-5,3 dilaporkan viskositas meningkat maksimal dan kasein dalam tahap awal agregasi (Hassan *et al.* 1995) diacu dalam Park (2006); sedangkan pada kisaran pH 5,1-4,6 viskositas cenderung menurun.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV pada susu sapi perlakuan kontrol tidak berbeda nyata dengan dua sirkulasi, tetapi berbeda nyata dengan dengan perlakuan empat dan enam sirkulasi, sedangkan pada susu kambing tidak memberikan pengaruh yang nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%). Nilai pH susu sapi dan susu kambing kontrol dan perlakuan sirkulasi UV masih memenuhi persyaratan SNI (1998) antara 6-7.

Beberapa mineral air susu seperti: asetat, fosfat dan sitrat bersifat sebagai buffer, karena mineral-mineral tersebut dapat mempertahankan pH air susu selalu normal, bila keasaman air susu meningkat karena aktifitas mikroorganisme, perubahan pH tidak tampak jelas, hal ini diduga disebabkan adanya sifat buffer tersebut.

Spesifik Gravity (Berat Jenis)

Susu mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada air. BJ air susu 1,027-1,035 dengan rata-rata 1,031 g/cm³. Menurut codex susu dan SNI (1998), BJ air susu adalah minimal 1,028 g/cm³ pada suhu 27,5°C.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV baik pada susu sapi maupun susu kambing tidak mempengaruhi berat jenis ($F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%), meskipun berat jenis susu cenderung mengalami penurunan dengan semakin tingginya frekuensi sirkulasi, hal ini disebabkan suhu susu juga semakin meningkat, berturut-turut untuk kontrol, dua, empat dan enam sirkulasi sebesar 26,75°C; 29,0°C; 30,5 °C dan 32,25°C. Peningkatan temperatur ini secara otomatis akan menurunkan berat jenis susu sapi dan kambing berturut-turut sebesar 0,00002 g/cm³ dan 0,0002 g/cm³.

Berat jenis susu sapi baik kontrol maupun perlakuan masih sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh persyaratan Jennes *et al.* 1974 diacu dalam Park *et al.* (2007) yaitu antara 1,0231-1,0398 g/cm³, tetapi lebih kecil dari persyaratan SNI (1998) yaitu 1,028 g/cm³ pada 27°C. Berat jenis susu kambing sesuai dengan yang dipersyaratkan Juarez dan Ramos (1986) diacu dalam Park *et al.* (2007) yaitu antara 1,029-1,039 g/cm³. Nilai berat jenis yang rendah diduga disebabkan pengukuran berat jenis harus dilakukan 3 jam setelah air susu diperah. Penetapan

lebih awal akan menunjukkan hasil BJ yang lebih kecil. Hal ini disebabkan perubahan kondisi lemak dan adanya gas yang timbul didalam air susu.

Konduktivitas

Konduktivitas susu sapi dan susu kambing menurut Jennes *et al.* (1974) diacu dalam Park *et al.* (2007); Juarez dan Ramos (1986) diacu dalam Park *et al.* (2007) berturut-turut adalah 0,0040-0,0055 ($\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$) dan 0,0043-0,0139 ($\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV baik pada susu sapi maupun susu kambing tidak mempengaruhi konduktivitas (F hitung < F tabel 5%). Konduktivitas dipengaruhi langsung oleh peningkatan suhu susu. Peningkatan suhu susu untuk kontrol, dua, empat dan enam sirkulasi berturut-turut sebesar 26,75°C; 29,0°C; 30,5 °C dan 32,25°C. Semakin tinggi peningkatan suhu maka konduktivitas susu juga semakin meningkat. Peningkatan konduktivitas susu sapi dan susu kambing berturut-turut adalah 0,002 $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ dan 0,0001 $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Titik Beku

Titik beku susu sapi yang memenuhi persyaratan SNI (1998) dan pada susu kambing (Juarez dan Ramos 1986) dalam diacu dalam Park *et al.* (2007) berturut-turut -0,520 sampai -0,560 dan -0,540 sampai -0,573.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV terhadap titik beku pada susu sapi kontrol tidak berbeda nyata dengan perlakuan dua sirkulasi dan enam sirkulasi, tetapi berbeda nyata dengan dengan perlakuan empat sirkulasi, sedangkan pada susu kambing tidak memberikan pengaruh yang nyata (F hitung < F tabel 5%). Hal ini terlihat adanya nilai *aw* (*added water*) sebesar 2,4%. Titik beku pada susu kambing kontrol dan perlakuan sirkulasi UV tidak berbeda nyata (F hitung < F tabel 5%). Adanya penambahan air susu dengan air akan memperlihatkan titik beku yang lebih besar dari air dan lebih kecil dari air susu. Titik didih air adalah 100°C dan air susu 100,16°C. Titik didih juga akan mengalami perubahan pada pemalsuan air susu dengan air (Saleh 2004).

Titik beku lazim digunakan untuk menentukan adanya penambahan air ke dalam susu, sebab susu murni mempunyai titik beku yang lebih rendah dari air. Penambahan 1% air maka titik beku susu akan naik sebesar 0,0055°C, titik beku akan lebih rendah dengan bertambahnya jumlah laktosa dan abu yang terlarut. Lemak dan protein sangat sedikit atau sama sekali tidak berpengaruh terhadap titik beku susu.

Panas Spesifik

Nilai panas spesifik cenderung turun dengan kenaikan temperatur proses (Zhang *et al.* 1995). Menurut Singh dan Heldman (1993), panas spesifik berbanding lurus dengan nilai kadar air susu. Semakin tinggi kadar air suatu bahan maka nilai panas spesifik juga semakin tinggi. Nilai panas spesifik dihitung menggunakan metode Singh dan Heldman (1993) dimana: $C_p = 1.675 + 0.025w$.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan UV terhadap panas spesifik pada susu sapi kontrol dan dua sirkulasi tidak berbeda nyata dan berbeda nyata pada perlakuan empat dan enam sirkulasi. Pada susu kambing perlakuan UV terhadap panas spesifik tidak berbeda nyata (F hitung < F tabel 5%). Hal ini disebabkan kadar air susu sapi lebih tinggi dibandingkan susu kambing dengan nilai kisaran berturut-turut 87-89% dan 83-84%, sedangkan peningkatan nilai panas spesifik pada susu sapi dan susu kambing berturut-turut adalah 0,0064 kJ/kg°C dan 0,005 kJ/kg°C.

Sifat Kimia

Lemak

Lemak tersusun oleh 98% - 99% trigliserida; 0,2% - 1% phospholipida yang terdapat di dalam membran material dan sebagian dalam serum. Sisanya adalah sterol dengan kadar 0,25% - 0,40%, asam lemak bebas dan vitamin yang larut dalam lemak seperti vitamin A dan E. Lemak dalam air susu terdapat sebagai emulsi minyak dalam air. Bagian lemak dapat terpisah dengan mudah karena berat jenisnya yang kecil, dengan luas permukaan yang besar, reaksi kimia mudah terjadi dipermukaan antara lemak dan mediumnya. Luas permukaan yang besar disebabkan lemak terdapat dalam bentuk globula-globula, dalam 1 ml air susu terdapat kira-kira sebanyak tiga milyar globula lemak. Lemak terdapat di dalam globula, pada membran material dan di dalam serum.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV dengan dua sirkulasi tidak menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap kadar lemak susu sapi, sedangkan perlakuan frekuensi sirkulasi empat dan enam sirkulasi dapat menurunkan kadar lemak susu sapi. Perlakuan frekuensi sirkulasi UV pada susu kambing tidak mempengaruhi kadar lemak susu kambing. Penurunan kadar lemak susu sapi kontrol, dua, empat dan enam sirkulasi berturut-turut menjadi 4,06%; 3,86%; 3,52% dan 3,37%, sedangkan pada susu kambing menjadi 6,74%; 6,59%; 6,53% dan 6,44%. Hal ini dimungkinkan karena ukuran globula lemak susu kambing lebih kecil daripada globula lemak susu sapi, globula lemak bersifat labil dan dapat pecah akibat adanya sirkulasi yang berulang-ulang.

Besar kecilnya globula lemak ditentukan oleh kadar air yang ada didalamnya. Makin tinggi kadar air maka makin besar globula lemaknya (Saleh 2004). Kadar air susu kambing rata-rata 83-84%, sedangkan susu sapi 87-89%. Menurut (Attaie & Richter 2000), globula lemak susu kambing lebih kecil dan mudah beremulsi dengan baik dalam susu. Lemak di dalam susu terdapat dalam jutaan bola kecil yang berdiameter antara 1-20 μm . Diameter globula lemak susu kambing berkisar antara 0,92- 8,58 μm , sedangkan susu sapi berkisar antara 0,92-15,75 μm .

Kadar lemak dipengaruhi oleh viskositas, jika viskositas meningkat karena proses koagulasi protein karena efek pecahnya butiran sel kasein menyebabkan kadar lemak juga akan meningkat (Spreer 1998). Beberapa kondisi dan perlakuan yang berpengaruh terhadap stabilitas kasein yang berpengaruh nyata terhadap viskositas susu adalah pH, keseimbangan garam, perlakuan panas, enzim dan bakteri.

Penurunan kadar lemak diduga karena lemak bersifat hidrofobik, sehingga pada saat sirkulasi terjadi semacam pengadukan yang menyebabkan fraksi lemak terpisah dari air dan dapat menempel pada permukaan wadah susu. Semakin tinggi frekuensi sirkulasi menyebabkan kontak antara fraksi lemak dan fraksi non lemak juga semakin tinggi, sehingga memungkinkan lemak berinteraksi dengan fraksi-fraksi non lemak. Menurut Wong (1989), pada saat globula lemak terpisah saat sirkulasi, maka globula lemak yang terdispersi terselubungi protein, dimana bagian non polar protein terikat pada bagian luar globula lemak, sedangkan bagian polar protein terikat ke air. Semakin tinggi frekuensi sirkulasi diduga semakin banyak lemak yang terikat oleh fraksi non lemak.

Kadar lemak yang diperoleh dengan perlakuan frekuensi sirkulasi UV pada susu sapi masih lebih tinggi dari persyaratan SNI (1998) sebesar 3 %; sedangkan susu kambing masih lebih tinggi dari persyaratan Fox (2001); Chandan *et al*, (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut sebesar 4,10%; 4,50%; dan >4,00%.

Bahan Kering Tanpa Lemak (BKTL)

Bahan kering tanpa lemak (BKTL) dalam susu tersusun atas: albumin (kasein dan protein), laktosa, vitamin, enzim, dan gas. Hasil analisa sidik ragam terhadap kadar BKTL susu sapi dan susu kambing menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi tidak berpengaruh nyata

terhadap nilai kadar BCTL. Hal ini menunjukkan bahwa baik kontrol ataupun semua perlakuan dua, empat dan enam sirkulasi tidak menghasilkan perbedaan nilai kadar BCTL yang berarti (tidak signifikan). Kondisi ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan sirkulasi yang diperlakukan tidak memberikan pengaruh perubahan terhadap senyawa-senyawa non lemak.

Kadar BCTL yang diperoleh dengan perlakuan UV pada susu sapi memenuhi persyaratan SNI (1998) minimal 8 % adalah pada perlakuan kontrol dan dua sirkulasi, sedangkan empat dan enam sirkulasi tidak memenuhi persyaratan SNI (1998); sedangkan susu kambing masih lebih tinggi dari persyaratan Fox 2001; Chandan *et al.* 2007; dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut sebesar 9,10%; 8,70% dan >9,00%.

Protein

Persyaratan kadar protein susu sapi SNI (1998) minimal 2,7% dan pada susu kambing menurut Fox (2001); Chandan *et al.* (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut 3,60%; 2,90% dan >3,70%.

Kadar protein di dalam air susu rata-rata 3,20% yang terdiri atas : 2,70% kasein (bahan keju), dan 0,50% albumen dan 26,50% dari bahan kering air susu adalah protein. Didalam air susu juga terdapat globulin dalam jumlah sedikit. Protein didalam air susu juga merupakan penentu kualitas air susu sebagai bahan konsumsi (Saleh 2004).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi pada susu sapi memberikan pengaruh yang nyata pada perlakuan empat sirkulasi, sedang pada susu kambing perlakuan UV memberikan pengaruh yang nyata terhadap perlakuan UV.

Kadar protein susu sapi baik kontrol maupun perlakuan masih sesuai dengan yang dipersyaratkan SNI (1998) minimal 2,7% sedangkan kadar protein susu kambing masih sesuai dengan yang dipersyaratkan Fox (2001) 3,60%; Chandan *et al.* (2007) 2,90% dan Thai Agricultural Standar (2008) >3,70%.

Laktosa

Laktosa adalah bentuk karbohidrat yang terdapat didalam air susu. Bentuk ini tidak terdapat dalam bahan makanan yang lain. Kadar laktosa di dalam air susu adalah 4,60% dan ditemukan dalam keadaan larut (Saleh 2004). Laktosa terbentuk dari dua komponen gula yaitu glukosa dan galaktosa. Sifat air susu yang sedikit manis ditentukan oleh laktosa. Kadar laktosa dalam air susu dapat dirusak oleh beberapa jenis kuman pembentuk asam susu.

Kadar laktosa pada susu sapi menurut Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007) berturut-turut 4,70% dan 4,10%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan UV pada susu sapi memberikan pengaruh yang nyata pada perlakuan empat sirkulasi, sedang pada susu kambing perlakuan UV tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap perlakuan UV ($F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%).

Kadar laktosa susu kambing hasil penelitian dibawah nilai menurut Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007) berturut-turut 4,70% dan 4,10%. Hal ini disebabkan kadar laktosa sangat ditentukan musim, tingkat laktasi, peningkatan nilai lemak, protein, BCTL dan mineral yang menyebabkan nilai kadar laktosa menjadi rendah (Haenlein 2004). Kadar laktosa susu kambing kira-kira 0,2-0,5% lebih rendah dibandingkan susu sapi (Chandan *et al.* 1992).

Berat Kering (BK)

Nilai kadar BK susu sapi menurut SNI (1998) adalah 11,0% sedang pada susu kambing menurut Fox (2001), Chandan *et al.* (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut adalah 13,20%; 13,20% dan >13,00%.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV terhadap berat kering pada susu sapi dan susu kambing tidak berbeda nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%). Nilai berat kering

susu sapi masih memenuhi persyaratan SNI (1998), sedangkan pada susu kambing memenuhi persyaratan Fox (2001), Chandan *et al.* (2007), dan Thai Agricultural Standar (2008).

Frekuensi sirkulasi semakin besar menyebabkan nilai kadar lemak juga semakin menurun, sehingga nilai berat kering juga akan menurun. Laju penurunan berat kering susu sapi dan susu kambing berturut-turut 0,23% dan 0,10%.

Kadar Air

Nilai kadar air susu sapi menurut SNI (1998) adalah minimal 89,0% sedang pada susu kambing menurut Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007) adalah 86,80%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan UV terhadap kadar air pada susu sapi kontrol dan dua sirkulasi tidak berbeda nyata dan berbeda nyata pada perlakuan empat dan enam sirkulasi. Sedangkan pada susu kambing perlakuan UV terhadap kadar air tidak berbeda nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%). Peningkatan kadar air pada susu sapi dan susu kambing berturut-turut adalah 0,26% dan 0,10%, dimana nilai kadar air susu sapi masih memenuhi persyaratan SNI (1998) sedangkan nilai kadar air susu kambing dibawah nilai yang dipersyaratkan Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007).

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian pengaruh lama penyinaran ultraviolet terhadap sifat fisika dan kimia susu sapi dan susu kambing adalah:

- Perlakuan dua sirkulasi pada susu sapi untuk sifat kimia seperti kadar lemak, BKTL, kadar protein, berat kering dan kadar air serta untuk sifat fisika seperti viskositas dan pH memenuhi kriteria standar SNI (1998).
- Perlakuan dua sirkulasi pada susu kambing untuk sifat fisika seperti berat jenis, viskositas, konduktivitas memenuhi persyaratan Juarez dan Ramos (1986) dalam Park *et al.* (2007); pH memenuhi persyaratan SNI (1998) sedangkan sifat kimia seperti kadar lemak, kadar protein, kadar laktosa, BKTL dan bahan kering memenuhi persyaratan Fox (2001); Chandan *et al.* (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008).

DAFTAR PUSTAKA

- Attaie, R and R. L. Richter. 2000. Size distribution of fat globules in goat milk. *Journal Dairy Science* 83:940-944.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 1998. SNI 01-3141- 1998. Susu segar. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta..
- Basaran N, Quintero-Ramos A, Moake MM, Churey JJ, Worobo RW. 2004. Influence of apple cultivars on inactivation of different strains of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider by UV irradiation. *Applied Environment Microbiology* 70:6061–6065.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. 2000. Existing and potencial applications of ultraviolet light in the food industry a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:637–645.
- Chandan, R.C. 2007. Milk composition, physical and processing characteristics. In: YH Hui (Ed), R. C Chandan, S. Clak, N. Cross and J. Dobbs. Handbook of Food Product Manufacturing. John Wiley and Interscience Publisher, New York.
- Duffy, S., Churey, J. J., Worobo, R. W., & Schaffner, D. W. 2000. Analysis and modelling of the variability associated with UV inactivation of *Escherichia coli* in apple cider. *Journal of Food Protection* 63:1587–1590.

- Fox, P. F. 2003. Milk. In: H. Roginski, J. W. Fuquay, P. F. Fox (Ed) Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press, New York
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas, G. V. 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli*, and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Food Process Engineering* 28:437–452.
- Hadjock, C., Mittal, G. S., & Warriner, K. 2008. Inactivation of human pathogens and spoilage bacteria on the surface and internalized within fresh produce by using a combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide. *Journal of Applied Microbiology* 104:1014–1024.
- Haenlein, G.F.W., Wendorff, W., 2006. Sheep milk. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), Handbook of Milk of Non-bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, England, pp. 137–194.
- Hanes DE, Orlandi PA, Burr DH, Miliotis MD, Robi MG, Bier JW. 2002. Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in fresh apple cider using ultraviolet irradiation. *Applied Environment Microbiology* 68:4168–4172.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Farmer, M.A., Schmidt, K.A., Shalabi, S.I., 1995. Formation of yogurt microstructure and three-dimensional visualization as determined by confocal scanning laser microscopy. In: Park, Y.W. 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68:73–87
- Jeness, R., Shipe, W.F., Sherbon, J.W., 1974. Fundamentals of Dairy Chemistry. In: Y.W. Park, M.Juarez, M. Ramos, G.F.W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68:88–113
- Jeness, R., 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968–1979. *Journal Dairy Science* 63:1605–1630.
- Juarez, M., Ramos, M., 1986. Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk. In: International Dairy Federation (Ed.), Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk, Bulletin No. 202. Athens, Greece, pp. 54–67.
- Juarez, M., Ramos, M., 1986. Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk. In: Y.W. Park, M.Juarez, M. Ramos, G.F.W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68:88–113
- Keyser M, I. Muller, F.P Cillier, W. Nel, P.A Gouws. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9:348-354
- Koutchma, T.N, L.J Founery, and C.I Moraru. 2009. Ultraviolet Light in Food Technology Principles and Applications. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton. United State of America.
- Krishnamurthy K, A Demirci, J. Irudayaraj. 2004. Milk Pasteurization by Pulsed UV-light Treatment ASAE/CSAE Annual International Meeting. Ottawa, Ontario, Canada. 1 - 4 August 2004
- Matak, K.E, Churey J.J, Worobo R.W, Sumner S.S, Hovingh E, Hackney C.R, 2005. Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk. *Journal Food Protection*:68:2212–2216

- Mehaia, M.A., 1974. A comparative study of milk of different dairy animals. Some physical properties. M.Sc. Thesis. Alexandria University, Egypt.
- Meihaia. 1974. A comparative study of milk of different dairy. In: Park, Y.W. 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68:73–87
- Park, Y.W., 1991. Relative buffering capacity of goat milk, cow milk, soy-based infant formulae and commercial non-prescription antacid drugs. *Journal Dairy Science*. 74:3326–3333.
- Quintero-Ramos, A., Churey, J. J., Hartman, P., Barnard, J., & Worobo, R. W. 2004. Modelin of *Escherichia coli* inactivation by UV irradiation a different pH values in apple cider. *Journal of Food Protection*, 67:1153–1156.
- Saleh E. 2004. Dasar pengolahan susu dan hasil ikutan ternak. Program Studi Produksi Ternak. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Sastry SK, Datta AK, Worobo RW. 2000. Ultraviolet light. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Methods. *Journal Food Science Suppl*:90–92.
- Schalk,S.2005.Differentiation of soft glass (mercury) and two fused quartzes (mercury and amalgam).Paper presented at Third International Congress on Ultraviolet Technologies,Whistler,BC,Canada.
- Singh,R.P.and Heldman,D.R.1993.Introduction to Food Engineering. Academic Press Inc., San Diego.
- Spreer, E., 1998. Milk and Dairy Product Technology. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, pp. 73–154, Translated by A. Mixa.
- Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika. PT Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan: B. Sumantri, Jakarta.
- Thai Agricultural Standar. 2008. Raw Goat Milk. Thailand. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Tran, M. T. T., & Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5:495-502.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S., 1999. Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes. Marcel Dekker Inc., New York, NY, pp. 27–147.
- Wong, E., Linton, R. H., & Gerrard, D. E. 1998. Reduction of *E. coli* and *S. seftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiology*, 15, 415–423.
- Wright JR, Sumner SS, Hackney CR, Pierson MD, Zoeklein BW. 2000. Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* O157:H7 in unpasteurized apple cider. *J. Food Prot.*;63:563–567.
- Zhang, Q. H., Barbosa-C´anovas, G. V., and Swanson, B. G. 1995. Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. *Journal Food Engineering* 25:261–291.