

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

UDUL: Kajian ke atas Kualiti Mikrobiologi Telur yang Dimasak pada suhu Rendah Masa Pemanasan Panjang

JAZAH: Sarjana Muda Sains Makanan dan Pemakanan

SESI PENGAJIAN: 2006-2010

aya TUEN NEO HUI

(HURUF BESAR)

engaku membenarkan tesis (LPS/ Sarjana/ Doktor Falsafah) ini di simpan 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 dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Aed

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: No 342, Piasau

Garder, 98000 Miri, Sarawak

Prof. Madya Dr. Sharifudin bin Md. Sharaan  
Nama Penyelia

Tarikh: 19 Mei 2010

Tarikh: 19 Mei 2010

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

- \* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- \* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



**KAJIAN KE ATAS KUALITI MIKROBIOLOGI  
TELUR YANG DIMASAK PADA SUHU RENDAH  
MASA PEMANASAN PANJANG**

**TUEN NEO HUI**

**LATIHAN ILMIAH DIKEMUKAN UNTUK  
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA  
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN  
DALAM BIDANG SAINS MAKANAN DAN  
PEMAKANAN**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN  
PEMAKANAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2010**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGAKUAN

Karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

12 Mei 2010



---

Tuen Neo Hui  
HN 2006-3146



**PENGESAHAN**

NAMA : **TUEN NEO HUI**

NOMBOR MATRIK : **HN2006-3146**

TAJUK : **KAJIAN KE ATAS KUALITI MIKROBIOLOGI TELUR  
YANG DIMASAK PADA SUHU RENDAH MASA  
PEMANASAN PANJANG**

SARJANA : **IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN  
KEPUJIAN DALAM BIDANG SAINS MAKANAN DAN  
PEMAKANAN**

TARIKH VIVA : **13 MEI 2010**

**DISAHKAN OLEH**

**1. PENYELIA**

**Prof. Madya Dr. Sharifudin bin Md. Sharaani**

**2. PEMERIKSA 1**

**Prof. Madya Dr. Chye Fook Yee**

**3. PEMERIKSA 2**

**Pn Nor Qhairul Izzreen Mohd Noor**

**4. DEKAN SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN**

**Prof. Madya Dr. Mohd. Ismail Abdullah**



## **PENGHARGAAN**

Saya ingin mengambil kesempatan dalam ruangan penghargaan ini untuk mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, Prof. Madya Dr. Sharifudin bin Md. Sharaani, Timbalan Dekan dari Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, Universiti Malaysia Sabah yang telah banyak memberi tunjuk ajar, membimbing dan menasihati saya sepanjang tempoh ini. Tanpa bimbingan daripada beliau, tidak mungkin saya dapat menyempurnakan tesis saya dalam masa yang ditetapkan.

Selain itu, ribuan terima kasih juga diajukan kepada pembantu makmal iaitu Encik Taipin yang sedia membantu saya dari segi persediaan peralatan makmal dan juga membimbing saya tentang cara penggunaan peralatan makmal.

Di samping itu juga, saya juga ingin merakamkan penghargaan kepada ibu bapa, adik-beradik dan rakan seperjuangan yang turut memberi saya sokongan moral sepanjang projek tesis ini. Dengan sokongan daripada pihak-pihak yang diutarakan dalam ruangan ini, saya berjaya menyempurnakan tesis saya dalam tempoh masa yang ditetapkan.

Sekalung penghargaan dan ribuan terima kasih dirakamkan sekali lagi kepada pihak-pihak yang telah memberi bimbingan dan sokongan moral kepada saya. Sekian, terima kasih.

Tuen Neo Hui

12 Mei 2010

## ABSTRAK

Telur yang dimasak pada suhu rendah untuk mendapatkan telur kuning dalam bentuk cecair digemari oleh masyarakat pada hari ini. Kesan rawatan haba ke atas telur dari suhu 40 hingga 60°C dan masa dari 30 hingga 60 minit dikaji ke atas jumlah mikrob (jumlah kiraan piring dan cara plat sebaran), kiraan koliform, *E.coli* (cara hitungan paling mungkin) dan *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076) (cara inokulasi). Perlakuan haba dilakukan dalam water-bath. *S.Enteritidis* ( $2.0 \times 10^8$  CFU/ml) telah diinokulatkan ke dalam telur sebelum rawatan haba dan kemandirianya diperhatikan. Terdapat perbezaan signifikan wujud antara suhu dan masa yang dikaji ( $p<0.05$ ). Secara keseluruhannya, telur perlu dimasak pada suhu 55°C sekurang-kurangnya 50 minit dan 60°C sekurang-kurangnya 30 minit untuk mencapai jumlah beban semua mikroorganisma yang paling selamat dimakan. Nilai  $D_{40}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  dan  $D_{60}$  bagi koliform ialah 45.87 minit, 41.67 minit, 33.78 minit, 31.95 minit dan 25.6 minit masing-masing, nilai  $D_{40}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  dan  $D_{60}$  bagi *E.coli* ialah 41.81 minit, 36.10 minit, 30.30 minit dan 26.11 minit masing-masing dan nilai  $D_{40}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  dan  $D_{60}$  bagi *S.enteritidis* ATCC 13076 ialah 18.87, 15.67, 14.22, 6.67 dan 0.59 minit masing-masing. Kerintangan haba kolifom, *E.coli* dan *S.enteritidis* menunjukkan satu hala yang semakin menurun. Kajian ini telah membuktikan bahawa pemasakan telur melalui perendamannya dalam water-bath pada suhu yang rendah boleh menyediakan ingredien yang bebas bakteria untuk penyediaan pelbagai jenis makanan yang dimasak pada suhu rendah kepada pengguna dan operator dalam bidang perkhidmatan makanan.

## **ABSTRACT**

### **STUDY ON THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF EGGS COOKED AT LOW TEMPERATURE AND LONG COOKING TIME**

The eggs cooked at lower temperature with runny egg yolk are preferred by the consumers nowadays. The effects of water-bath immersion heat treatments over the temperature range from 40 to 60°C, and time range from 30 to 60 minutes on the total viable cells (Total plate count and spread plate method), counts of coliforms, *Escherichia coli* (MPN method) and *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076) (inoculation method) within intact shell eggs were evaluated. *S.Enteritidis* were inoculated ( $2.0 \times 10^3$  CFU/ml) into the eggs before the heat treatment and survival was monitored. It was found that significant difference between temperature and time of cooking eggs existed ( $p<0.05$ ). Overall, the eggs have to be cooked at a minimum temperature of 55°C for at least 50 min and minimum temperature of 60°C, at least 30 min to achieve the safety level of the microorganisms tested.  $D_{40}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  and  $D_{60}$  values of coliforms were 45.87 minit, 41.67 minit, 33.78 minit, 31.95 minit and 25.6 min,  $D_{40}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  and  $D_{60}$  values of *E. coli* were 41.81 minit, 36.10 minit, 30.30 minit dan 26.11, and  $D_{40}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  and  $D_{60}$  values of *S. enteritidis* strain 13076 were 18.87, 15.67, 14.22, 6.67 and 0.59 min, respectively. It is shown that the thermal resistance of coliform, *E. coli* and *S. enteritidis* has shown a decreasing trend. This study proved that immersion-heated shell eggs at low temperature could provide bacteria-free ingredients for the preparation of a variety of minimally-cooked foods of interest to consumers and foodservice operators.

## SENARAI KANDUNGAN

Kandungan	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN/SIMBOL	xii
SENARAI LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	4
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Struktur dan Komposisi Telur	6
2.1.1 Kulit telur	6
2.1.2 Putih telur (albumen)	6
2.1.3 Kuning telur	8
2.2 Keupayaan Anti-mikrob dalam Telur	8
2.3 Penyahaslian ( <i>Denaturation</i> ) dan Pengentalan ( <i>Coagulation</i> )	9
Telur Putih dan Telur Kuning	
2.4 Protein dan Pertumbuhan Mikroorganisma	12
2.5 <i>Salmonella</i> spp.	13
2.5.1 Ciri-ciri <i>Salmonella</i> spp.	13
2.5.2 Faktor pertumbuhan dan Kemandirian <i>Salmonella</i> spp	13
2.5.3 Pencemaran daripada <i>Salmonella</i> spp.	13
2.5.4 <i>Salmonella</i> spp. dalam telur	14
2.5.5 Salmonellosis	15
2.5.6 Kes Salmonellosis	16



2.6 Koliform dan <i>Escherichia coli</i>	17
2.6.1 Ciri-ciri koliform dan <i>Escherichia coli</i>	17
2.6.2 Faktor pertumbuhan dan Kemandirian <i>Escherichia coli</i>	18
2.6.3 Pencemaran daripada <i>Escherichia coli</i>	18
2.6.4 Jangkitan <i>Escherichia coli</i>	19
2.7 Bakteria Patogen lain dalam Telur	19
2.8 Molekular Gastronomi	20
2.9 Kaedah Pemasakan Telur	22
2.9.1 Pemasakan Telur dengan Cara-cara Berbeza	22
2.9.2 Perebusan Telur pada Suhu 100°C	24
2.9.3 Pemasakan Telur pada Suhu Rendah	24
2.10 Standard Mikrobiologi	26
<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEADAH</b>	<b>27</b>
3.1 Alat Radas	27
3.2 Penyediaan Sampel	27
3.3 Analisis Mikrobiologi	27
3.3.1 Penentuan jumlah mikrob melalui cara plat sebaran (Roberts et al., 1995)	28
3.3.2 Penyediaan kultur dan penghasilan graf ketumpatan optik (optical density curve)	28
3.3.2.1 Inokulasi telur dengan <i>Salmonella enteritidis</i> (Lakins et al., 2008)	30
3.3.2.2 Penghitungan bilangan <i>Salmonella enteritidis</i>	32
3.3.3 Penentuan hitungan <i>Escherichia coli</i> dan koliform (AOAC 966.24, 1999)	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN</b>	<b>34</b>
4.1 Jumlah Kiraan Piring ( <i>Total Plate Count</i> )	34
4.2 Hitungan paling mungkin (MPN) bagi koliform	38
4.3 Hitungan paling mungkin (MPN) bagi <i>E.coli</i>	41
4.4 Min Kiraan <i>S.enteritidis</i>	44
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan	52

5.2 Cadangan	53
RUJUKAN	54
LAMPIRAN	64

## SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Kuantiti kandungan albumen.	7
2.2	Faktor antimikrob dalam albumen telur ayam.	9
2.3	Kesan suhu ke atas putih dan kuning telur.	12
2.4	Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan <i>Salmonella</i> spp.	13
2.5	Kerintangan haba <i>S. Typhimurium</i> dalam susu coklat pada suhu yang berlainan.	14
4.1	Kesan suhu dan masa pemanasan yang berbeza ke atas pertumbuhan jumlah mikrob di dalam telur.	35
4.2	Kesan suhu dan masa pemanasan yang berbeza ke atas pertumbuhan <i>koliform</i> di dalam telur.	39
4.3	Nilai D koliform dalam telur bagi suhu pemanasan yang berbeza.	40
4.4	Kesan suhu dan masa pemanasan yang berbeza ke atas pertumbuhan <i>E.coli</i> di dalam telur.	42
4.5	Nilai D <i>E.coli</i> dalam telur bagi suhu pemanasan yang berbeza.	44
4.6	Kesan suhu dan masa pemanasan yang berbeza. ke atas pertumbuhan <i>Salmonella enteritidis</i> di dalam telur	47
4.7	Nilai D <i>SE 13076</i> dalam telur bagi suhu pemanasan yang berbeza.	48
4.8	Perbandingan nilai D <i>S.E</i> dengan kajian lain.	48

## SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
3.1 (a)	Pengkulturan <i>S.E</i> ke dalam kaldu soya triptik.	29
3.1 (b)	Bakteria <i>S.E</i> diempar dengan menggunakan alat pengempar.	29
3.1 (c)	Keserapan <i>S.E</i> yang dikehendaki ditentukan melalui spektrofotometer.	30
3.2 (a)	Lubang yang kecil dibuat pada kulit telur mentah dengan menggunakan jarum yang telah disteril	31
3.2 (b)	Sebanyak 0.5 ml inokulum bakteria <i>Salmonella enteritidis</i> diambil untuk diinokulat ke dalam telur tersebut	31
3.2 (c)	Lubang pada kulit telur ditera ( <i>sealed</i> ) dengan gam yang dipanaskan.	31
3.2 (d)	Telur dimasak pada suhu dan masa yang dikehendaki dalam <i>water bath</i> .	32
4.1	Perubahan fizikal putih telur dan kuning telur apabila dikenakan pada suhu dan masa pemanasan yang berlainan.	51

## **SENARAI SINGKATAN/SIMBOL**

°C	darjah selsius
%	peratus
$a_w$	aktiviti air
ADH	<i>arginine dihydrolase</i>
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
CFU/g	<i>colony forming unit per gram</i>
MPN/g	Most Probable Number per gram
CIT	penggunaan citrate ( <i>citrate utilization</i> )
g	gram
GEL	pencairan gelatin ( <i>gelatin liquefaction</i> )
H <sub>2</sub> S	<i>hidrogen sulfide</i>
LDC	<i>lysine deCarboxylase</i>
min	minit
ml	mililiter
NaCl	natrium klorida
ODC	<i>ornithine deCarboxylation</i>
URE	<i>urease</i>
VP	reaksi <i>Voges-Proskauer</i>
OD	<i>Optical Density</i>
ATCC	<i>American Type of Culture Collection</i>
<i>S.E</i>	<i>Salmonella enteritidis</i>
<i>E.C</i>	<i>Escherichia coli</i>
BSA	<i>Bismuth Sulphite Agar</i>
XLD	<i>Xylose Lysine Deoxycholate</i>

## **SENARAI LAMPIRAN**

No. Lampiran		Halaman
Lampiran A (i)	Keputusan analisis varian dua hala bagi kiraan jumlah piring	64
Lampiran A (ii)	Keputusan analisis varian dua hala bagi hitungan paling mungkin koliform	66
Lampiran A (iii)	Keputusan analisis varian dua hala bagi hitungan paling mungkin <i>E.coli</i>	68
Lampiran A (iv)	Keputusan analisis varian dua hala bagi min kiraan <i>S.enteritidis</i>	70
Lampiran B (i)	Akta Makanan 1983 dan Peraturan-peraturan Makanan 1985	72
Lampiran B (ii)	<i>Microbiological criteria for egg products</i>	73
Lampiran C	Graf Densiti Optikal (Optical Density Curve)	74
Lampiran D	Gambarajah Eksperimen	75

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Mengikut definisi yang ternyata dalam Akta Makanan 1983 dan Peraturan-peraturan Makanan 1985 (Peraturan ke-171), telur merupakan hasilan daripada haiwan ternakan atau penyu tanpa pembusukan dan permulaan bagi perkembangan embrio, belum dieram dan mempunyai kulit belum pecah dan bebas daripada bahan luaran.

Selain kandungan air (74%), telur membekalkan protein yang berkualiti tinggi dan merupakan sumber bagi asid lemak tidak tepu, besi, fosforus, mineral dan vitamin A, B, D, E dan K (ICMSF, 2005). Telur adalah kaya dengan DHA (Docosahexaenoic acid) dan merupakan alternatif bagi sumber ikan yang kaya dengan asid lemak ini (Sim *et.al*, 2000). Disebabkan oleh sifat kefungsianya, telur banyak digunakan dalam industri makanan dan merupakan bahan ramuan yang utama dalam penyediaan pelbagai jenis makanan. Telur banyak digunakan dalam pembuatan mi, kuah salad, aiskrim, makanan manis dan makanan bakeri (*bakery goods*) (Mead, 2007).

Kuning telur yang kaya dengan nutrien membenarkan pembiakan bakteria, manakala albumen mengandungi beberapa faktor perencat yang menyekat pertumbuhan mikroorganisma (Baron *et al.*, 1997). Putih telur bukan satu medium yang sesuai untuk pertumbuhan bakteria. Terdapat beberapa faktor yang menunjukkan ketidakupayaan putih telur untuk menyokong pertumbuhan bacteria seperti pH yang tinggi, struktur dan kelikatan yang *heterogeneous* (Yadav & Vadehra, 1977), kekurangan air untuk pelarutan nutrient (Nath & Baker, 1973), kehadiran lysozyme (Hartsell, 1949), perencat proteinase dan pengikat protein (Stevens, 1991).

Ovotransferrin dalam putih telur bertanggungjawab untuk menyekat pertumbuhan bakteria *Gram-negative* (Garibaldi, 1970). Namun begitu, *Salmonella* spp. akan menghasilkan *siderophores* yang mempunyai afiniti tinggi untuk bergabung dengan ion ferum yang terikat oleh *ovotransferrin* (Visca *et al.*, 1991). Ferum biasanya terbebas semasa berlakunya penyahasilan protein (*ovotransferrin*) dan memberarkan pertumbuhan mikroorganisma. Ovotransferrin ternyahasli pada suhu 60°C. Apabila ini berlaku, pertumbuhan *Salmonella* spp akan meningkat (Sim *et al.*, 2000).

Pada setiap tahun, terdapat 79,000 kes penyakit yang disebabkan oleh makanan dan 30 kematian yang disebabkan oleh penggunaan telur yang dicemari oleh *Salmonella Enteritidis* (FDA, 2009). Kebanyakan makanan tidak mempunyai toleransi terhadap pertumbuhan *Salmonella* spp. Makanan tersebut (kecuali ayam dan daging mentah) dikatakan terlancuh apabila satu *Salmonella* spp. yang dikesan dalam 25 g sampel. Oleh itu, langkah untuk menentukan kehadiran mikroorganisma ini adalah penting walaupun jumlahnya yang rendah. *Salmonella* spp. mungkin tidak akan dikesan melalui cara plat secara langsung ke atas media terpilih. Oleh itu, langkah perkayaan dalam kaldu adalah diperlukan (Banward, 1989). Disebabkan oleh pencemaran telur yang membawa risiko kepada kesihatan masyarakat, pengawasan kualiti mikrobiologi telur atau produk telur menjadi keperluan yang penting (Mead, 2007). Menurut Akta Makanan 1983 dan Peraturan-peraturan Makanan 1985, jumlah maksimum yang dibenarkan bagi hitungan jumlah plat (37°C selama 48 jam) ialah  $5 \times 10^4$  per ml dan hitungan koliform (37°C selama 48 jam) ialah 5 x 10 per ml untuk cecair telur, cecair telur kuning dan cecair telur putih.

*Campylobacter jejuni* mempunyai keupayaan untuk menembusi kulit telur dan mencemari kandungan telur tersebut (Doyle, 1984). Namun begitu, *Campylobacter jejuni* tidak dikesan dalam telur yang telah dipasteurkan. Oleh itu, produk telur bukan penyumbang utama kepada campylobacteriosis dan rekod menunjukkan kerabakan penyakit berlaku disebabkan oleh telur yang belum dimasak (Finch & Blake, 1985).

*Listeria monocytogens* dan *Yersinia enterocolitica* ialah patogen lain yang mungkin tumbuh dalam telur. *L.monocytogens* adalah kontaminan yang biasa didapati dalam telur mentah dan boleh membiak pada suhu 5°C dan ke atas dalam telur cecair sempurna dan telur kuning yang mentah dan yang telah dipasteurkan (Foegeding & Leasor, 1990). Namun begitu, *Listeria* spp. tidak dikesan dalam 500 sampel produk telur yang telah dipasteurkan dan tiada kes listeriosis manusia yang disebabkan oleh produk telur (Moore & Madden, 1993). Strain *Y.enterocolitica* pula lebih dijumpai dalam hasilan ternakan dan tumbuh dengan baik dalam albumen telur yang beralkali (Mead, 2007).

*Staphylococcus aureus* mungkin tumbuh pada kulit telur. Ia merupakan satu risiko yang berpotensi dalam kuning telur yang diasin, tetapi memerlukan pembiakan kepada  $10^5$  CFU per ml untuk membentuk enterotoksin yang bertanggungjawab untuk berlakunya keracunan makanan. Pertumbuhan begini melibatkan penyalahgunaan suhu produk tersebut (Ijichi *et.al*, 1973).

Kadang-kala, *Bacillus cereus* boleh didapati dalam produk cecair telur tetapi tiada laporan yang mengenai kes penyakit yang disebabkan oleh telur yang mengandungi organisma ini. Jumlah *Bacillus* spp. yang besar ( $>10^6$  per gram) diperlukan untuk mengakibatkan tanda-tanda penyakit seperti nausea, muntah dan kekejangan abdomen (Mead, 2007).

Tujuan pempasteuran telur adalah untuk menghapuskan sebanyak mikroorganisma yang mungkin tanpa menjelaskan sifat dan fungsi cecair telur. Untuk proses pempasteuran, Jabatan Pertanian (Department of Agriculture) Amerika Syarikat telah menetapkan suhu pempasteuran untuk cecair telur penuh (*liquid whole egg*) adalah sekurang-kurangnya 60°C dan dikekalkan sekurang-kurangnya 3.5 minit manakala United Kingdom telah mencadangkan suhu 64°C untuk 2.5 minit.

Pemasakan telur penting untuk tekstur yang baik dan meminimakan atau membunuh mikroorganisma dengan sebanyak yang mungkin. Apabila telur masak, protein akan dinyahasli terlebih dahulu dan kemudiannya mengental. Dalam

albumen telur, protein akan mula mengental apabila suhu mencapai lebih daripada 63°C, manakala protein dalam telur kuning akan mula mengental apabila suhu mencapai lebih daripada 70°C (Barham, 2001).

Telur yang dikontaminasi oleh patogen bakteria, dimakan mentah atau separuh masak menyebabkan penyakit gastroenteritis di seluruh dunia (Nunes *et al.*, 2003; Nygard *et al.*, 2004). Cara pemasakan piawai yang diamalkan di Eropah dan Amerika ialah merebus telur pada 100°C selama 3-5 minit untuk *soft boiled egg* dan 10-12 minit untuk *hard-boiled egg* (McGee, 2003). Memasak telur pada 100°C akan menyebabkan terlalu banyak bebenang yang terikat antara satu sama lain dan membentuk jaringan yang sangat padat. Akibatnya, penderiaan air dalam mulut berkurangan. Putih telur menjadi liat dan kuning telur berwarna kelabuan dan mempunyai tekstur berpasir (Gadsby, 2006). Oleh itu, telur akan dimasak pada suhu yang rendah (40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C) untuk masa yang panjang (30 minit, 40 minit, 50 minit, 60 minit) untuk tekstur telur yang lebih baik dalam kajian ini.

Berjuta-juta orang yang menyediakan makanan untuk diri sendiri dan keluarge mereka kekurangan pengetahuan sains untuk memahami apa yang sedang mereka lakukan (This, 2006). Oleh itu, tekstur, *mouthfeel* dan molekular gastronomi telur selalu menjadi perhatian bagi ahli fizik dan ahli kimia (This, 2005; Lersch, 2009). Namun begitu, maklumat tentang keselamatan telur dari segi kualiti mikrobiologi masih kekurangan. Oleh itu, kajian ini adalah penting untuk mengkaji bahawa telur yang dimasak pada suhu rendah dan masa yang panjang adalah selamat dimakan atau tidak disamping sedap dimakan.

## 1.2 Objektif

1. Menentukan kehadiran jumlah mikrob dalam telur apabila dimasak pada suhu dan masa pemanasan yang berbeza.
2. Menentukan hitungan *Escherichia coli* dan koliform, menentukan kemandirian *Salmonella enteritidis* yang diinokulat ke dalam telur apabila dimasak pada suhu dan masa pemanasan yang berbeza.

3. Menentukan nilai D hitungan *Escherichia coli* dan koliform, menentukan bilangan *Salmonella enteritidis* yang diinokulat ke dalam telur apabila dimasak pada suhu dan masa pemanasan yang berbeza.
4. Menentukan suhu dan masa pemanasan yang berkesan untuk memasak telur dengan jumlah beban mikroorganisma yang paling selamat dimakan.

## BAB 2

### ULASAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 Struktur dan Komposisi Telur

##### 2.1.1 Kulit telur

Kulit telur menyumbang sebanyak 9 hingga 12% kepada jumlah berat telur bergantung kepada saiznya. Sebahagian besar (94%) kulit telur dibuat daripada kalsium karbonat. Kulit telur mengandungi 7000-17000 liang dan berdiameter 9-35  $\mu\text{m}$  (Aronson, 1981; Mead, 2007). Permukaan kulit telur adalah dilindungi oleh kutikel glikoprotein. Kutikel ini dapat menutupi kebanyakan liangnya selepas ayam bertelur. Terdapat 2 membran di bawah kulitnya. Membran yang lebih dalam bersifat sebagai penuras bakteria apabila terdapat organism yang cuba menembusi kulit telur (Mead, 2007). Oleh itu, telur yang berkualiti tinggi (Gred A) tidak haruslah dicuci untuk mengelakkan pemusnahan kulit telur yang bertindak sebagai agen perlindungan semulajadi kepada telur (Aronson, 1981). Namun begitu, masih terdapat organisma yang berupaya menembusi halangan ini dan mencapai isi telur (Mead, 2007).

Melalui proses penuaan, karbon dioksida meresap keluar dan telur kehilangan kelembapan. Udara akan meresap masuk melalui liang, menyebabkan sel udara membesar dan mengurangkan jisim bersih (Aronson, 1981).

##### 2.1.2 Putih telur (albumen)

Berat putih telur adalah 2/3 daripada berat telur yang berkulit dan kebanyakan kandungannya ialah air (Aronson, 1981; McGee, 2003). *Ovalbumin*, *conalbumin* dan kumpulan yang lebih kecil, *globulin*, telah menyumbang 85% kepada jisim protein. *Lysozyme*, salah satu jenis *globulin*, juga hadir dalam air liur manusia. Di

dalam mulut dan telur, *lysozyme* berfungsi untuk melemahkan dinding sel bakteria dan mengurangkan peluang jangkitan penyakit (McGee, 2003).

Komposisi albumen protein yang minor ialah *avidin* dan *ovomucoid*. Di dalam telur, vitamin biotin mempunyai keupayaan untuk menyekat pertumbuhan bakteria melalui aktiviti *biotin-binding*. Namun begitu, *avidin* ialah antagonis kepada vitamin biotin. Oleh itu, pemakanan telur yang mentah akan mengakibatkan kekurangan biotin yang akan membawa gangguan kepada penceraaan dan penyakit kulit. Masalah ini dapat diatasi melalui proses pemasakan dimana *avidin* boleh dinyahaktif di bawah tindakan suhu. *Ovumucoid* pula merencat fungsi enzim penceraaan (tripsin) dan menurunkan nilai nutrisi telur. Walaubagaimanapun, *ovumucoid* akan mengental apabila dikenakan tindakan haba (McGee, 2003).

Jadual 2.1: Kuantiti kandungan albumen.

Kandungan albumen	Peratusan (%)
<i>Ovalbumin</i>	54
<i>Ovotransferrin</i>	12
<i>Ovomucoid</i>	11
<i>Lysozyme</i>	3.4
<i>Ovomucin</i>	2.9
<i>Ovoinhibitor</i>	1.5
<i>Flavoproteinapoproteih</i>	0.8
<i>Avidin</i>	0.05
Protein lain yang belum dikenalpasti	14.35

Sumber: Aronson, 1981.

Putih telur yang segar mempunyai pH di antara 7.6 hingga 7.9 dan kelihatan keruh disebabkan oleh kehadiran karbon dioksida. Melalui proses penuaan, karbon dioksida akan terbebas dan meningkatkan pH. Albumen telur yang kurang segar kelihatan lebih lutsinar daripada albumen telur yang segar (Barham, 2001).

### **2.1.3 Kuning telur**

Kuning telur menyumbang sebanyak 33% kepada berat telur. Kuning telur terdiri daripada 50% air, 34% lipid-lemak dan 16% protein dengan kehadiran sedikit glukosa dan mineral. Untuk kandungan lipid, 2/3 ialah lemak haiwan yang biasa; 1/4 ialah fosforus dan kompleks asid lemak. Kuning telur merupakan penyumbang besar bagi kolesterol, kalori, vitamin A, *thiamine*, dan ferum (McGee, 2003). Kandungan vitamin (kecuali *riboflavin* dan *niacin*) dalam kuning telur adalah lebih tinggi daripada albumen. Selain vitamin A, vitamin D dan vitamin E boleh dijumpai dalam kuning telur. Kuning telur juga mengandungi fosforus, mangan, ferum, iodin, kuprum, dan kalsium yang lebih banyak daripada putih telur. Zink hanya dijumpai dalam kuning telur. pHnya ialah 6.0 sebelum kehilangan karbon dioksida. Kuning telur ditempatkan di bahagian tengah oleh *chalazae* dan merupakan satu medium yang bagus bagi pertumbuhan mikroorganisma (Barham, 2001).

## **2.2 Keupayaan Anti-mikrob dalam Telur**

Telur tanpa retakan mempunyai pertahanan yang boleh mencegah jangkitan mikrob. Kutikel, kulit, membran kulit dan albumen berfungsi sebagai satu perlindungan bagi telur. Kutikel telur ialah satu lapisan protein pada kulitnya dan berfungsi untuk menutup atau menyumbat pembukaan liang bagi meminimakan penembusan bakteria dari luar. Walau bagaimanapun, apabila lapisan kutikel ini adalah nipis, liang adalah terlalu besar atau kulit adalah terlalu nipis, bakteria dapat menembusi melalui liang pada kulit telur. Selain itu, apabila bilangan bakteria adalah sangat banyak, pertahanan telur yang semulajadi tidak lagi berupaya untuk mencegah penyerangannya. Kandungan telur (albumin dan telur kuning) membekalkan nutrien untuk mikroorganisma membiak dan merebak (Mead, 2007).

Albumen dalam telur menyekat pertumbuhan dan kemandirian (survival) bakteria. Sifat ini adalah disebabkan oleh ovotransferrin yang mengurangkan kuantiti ferum dalam telur. Ovotransferrin menyekat pertumbuhan bakteria dengan bergabung dengan ferum yang bebas supaya tidak dicapai oleh bakteria (Chart & Rowe, 1993; Baron *et al.*, 1997).

Jadual 2.2: Faktor antimikrob dalam albumen telur ayam.

Komponen	Aktiviti
<i>Lysozyme</i> ( <i>muramidase</i> )	Terlibat dalam proses lisis sel dinding bakteria Gram-positif, hidrolisis $\beta$ -1,4-glycosidic bonds.
<i>Conalbumin</i>	Terlibat dalam chelation ferum, kuprum, zink, terutamanya pada pH yang tinggi
pH 9.1-9.6	Menyediakan medium yang tidak sesuai untuk pertumbuhan banyak mikroorganisma dan membantu dalam aktiviti chelating oleh conalbumin.
<i>Avidin</i>	Bergabung dengan biotin yang diperlukan oleh sesetengah bakteria.
Nitrogen protein rendah	Organism yang memerlukan nutrient tidak berupaya untuk hidup.
<i>Ovoinhibitor</i>	Merencat aktiviti <i>fungal proteases</i>
<i>Ovomucoid</i>	Merencat aktiviti <i>trypsin</i> , tetapi tidak mempengaruhi pertumbuhan bakteria Gram-negatif
Protein yang lain ( <i>uncharacterized</i> )	Merencat aktiviti <i>trypsin</i> dan <i>chymotrypsin</i> , bergabung dengan vitamin B <sub>6</sub> , chelate kalsium dan merencat aktiviti <i>ficin</i> dan <i>papain</i> .

Sumber: Board, 1969; Garibaldi, 1970.

Selain itu, lysozyme juga merupakan protein anti-mikrob yang major dalam albumen. Protein ini mempengaruhi sesetengah bakteria Gram positif, walaupun ia tidak berupaya menembusi membran luaran bakteria Gram negative (Nakae & Nikaido, 1975; Spitznagel, 1984).

Sejak akhir-akhir ini, terdapat laporan mengenai aktiviti pembentukan spora yang menyumbang kepada sifat anti-mikrob yang baru bagi *ovotransferrin* dan *lysozyme*. Terdapat satu kation peptide pada *N lobe ovotransferrin* yang didapati bersilang dengan membran luaran bakteria Gram negatif dan memusnahkan membran sitoplasmiknya (Nakae & Nikaido, 1975; Spitznagel, 1984). *Lysozyme* pula dibuktikan membentuk liang pada bakteria Gram negatif melalui fungsi kationik (*cationic*) dan hidrofobik (*hydrophobic*) (Pellegrini *et al.*, 2000; Ibrahim *et al.*, 2001).

### 2.3 Penyahaslian (Denaturation) dan Pengentalan (Coagulation) Telur Putih dan Telur Kuning

Albumen terdiri daripada rantai asid amino panjang yang terlipat menjadi lingkaran yang padat dan bulat. Terdapat pelbagai jenis ikatan yang wujud antara bahagian

yang berbeza pada rantai asid amino tersebut. Bentuk setiap molekul protein ditetapkan oleh jenis-jenis ikatan ini. Dalam persekitaran albumen yang asal, setiap molekul protein mempunyai cas negatif dan molekul yang mempunyai cas yang sama akan menolak antara satu sama lain. Tetapi ikatan yang membentuk molekul protein dan penolakan antara molekul yang mempunyai cas yang sama akan terganggu apabila dikenakan tekanan dari luaran seperti asid atau alkali yang kuat, garam inorganik yang berpekatan tinggi, haba dan gelembung udara. Apabila ikatan-ikatan protein terputus dan bentuk berubah, molekul-molekul protein terikat bersama untuk membentuk satu jisim solid. Fenomena ini dikenali sebagai pengentalan (Barham, 2001; McGee, 2003).

Molekul air terikat dengan protein yang terlingkar oleh ikatan hidrogen. Apabila telur dimasak, haba yang dikenakan akan meningkatkan tenaga kinetik dan menyebabkan molekul protein bergegar dengan kerap dan kuat dan seterusnya menceraikan ikatan-ikatan yang lemah seperti ikatan hidrogen. Hanya ikatan yang lebih kuat seperti ikatan ionik dan ikatan kovalen antara protein akan kekal apabila haba dikenakan. Oleh itu, ikatan protein-protein lebih cenderung terhasil daripada ikatan protein-air. Apabila lebih banyak haba dibekalkan, lebih banyak molekul protein yang akan terikat antara satu sama lain dan kekurangan ruang untuk memerangkap air. Ini akan menghasilkan tekstur yang liat (McGee, 2003).

Apabila telur dimasak, protein akan ternyahasli dan kemudiannya terkental. Kebanyakan protein ternyahasli pada suhu kira-kira 40°C. Apabila pemanasan diteruskan, protein telur akan mulai berubah dari keadaan cecair kepada jisim solid (Barham, 2001). Kebanyakan protein telur terkental apabila dipanaskan kecuali *ovomucin* yang menghasilkan telur putih yang tebal. Chalazae, tali pintal yang melekat kuning telur kepada kulitnya adalah kaya dengan *ovomucin*. Oleh itu, kuning telur mungkin masih kekal sebagai cecair apabila bahagian telur yang lain telah mengental (Gadsby, 2006).

Putih telur yang segar mengumpal pada suhu 62-65°C, kuning telur pula mengumpal pada suhu 65-70°C dan suhu ini menurun apabila pH dan usia telur

## RUJUKAN

- Adesiyun, A.A., Offiah, N.V., Seepersadsingh, N., Rodrigo, Lashley, & Georges. 2005. Prevalence of antimicrobial residues in table eggs in Trinidad. *Journal of Food Protection*. **68**: 1501–1505.
- Adesiyun, A., Offiah, N., Seepersadsingh, N., Rodrigo, S., Lashley, V. & Musai, L. 2006. Frequency and antimicrobial resistance of enteric bacteria with spoilage potential isolated from table eggs. *Food Research International*. **39**: 212-219.
- Anonymous. 2007. The community summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents, antimicrobial resistance and foodborne outbreaks in the European Union in 2006. *The EFSA Journal* 130.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis*. Ed. ke-16. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Aronson, J.N. 1981. Low-Temperature Egg Cooking: A Not-so-Simple Example of Protein Denaturation. *Biochemical Education*. **9**: 65.
- Arumugaswamy, R.K., Rusul, G., Hamid, S. N. A. & Cheah, C.T. 2005. Prevalence of *Salmonella* in raw and cooked foods in Malaysia. *Food Microbiology*. **12**: 3-8.
- Ayres, J.C., Orrin, M.J. & William, E.S. 1980. *Microbiology of Food*. San Francisco: W.H. Freeman & Company.
- Baker, R.C., Hogarty, S., Poon, W. & Vadhera, D.V. 1983. Survival of *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus* in eggs cooked by different methods. *Poultry Science*. **62**: 1211–1216.
- Baker, A.R., Ebel, E.D., Hogue, A.T., McDowell, R.M., Morales, R.A., Schlosser, W.D. & Whiting, R. 1998. *Salmonella enteritidis* risk assessment: Shell eggs and egg products. U.S. Department of Agricultural Food Safety and Inspection Service Report.
- Banwart, G.J. 1989. *Basic Food Microbiology. Second Edition*. US: Thomson Publishing.
- Barham, P. 2001. *The Science of Cooking*. Germany: Springer-Verlag.
- Baron, F., Gautier, M. & Brule, G. 1997. Factors involved in the inhibition of growth of *Salmonella enteritidis* in liquid egg white. *Journal of Food Protection*. **60**: 138-1323.
- Barrow, P.A. & Lovell, M.A. 1991. Experimental infection of egg-laying hens with *Salmonella enteritidis* phage type 4. *Avian Pathology*. **20**: 335-348.

- Bauman, R. 2005. *Microbiology*. United Kingdom: Pearson Benjamin Cummings.
- Bergsma, N.J., Fischer, A.R.H., VanAsselt, E.D., Zwietering, M.H. & DeJong, A. 2007. Consumer food preparation and its implication for survival of *Campylobacter jejuni* on chicken. *British Food Journal*. **109**: 548–561.
- Berry, J.T., Doyle, M.P. & Schoeni, J.L. 1985. Colonization of chicken cecae by *Escherichia coli* associated with hemorrhagic colitis. *Applied and Environmental Microbiology*. **49**: 310–315.
- Blanc, R., Kurti, N. & This, H. 1994. *Blanc Mange*. London: BBC Books.
- Blumenthal, D. 1990. From the chicken to the egg. *FDA Consumer*. Pp 7–10.
- Board, R.G. 1969. The microbiology of the hen's egg. *Advances in Applied Microbiology*. **11**: 245–281.
- Boyce, T.G., Koo, D., Swerdlow, D.L., Gomez, T.M., Serrano, B., Nickey, L.N., Hickman-Brenner, Malcom, G.B. & Griffin, P.M. 1996. Recurrent outbreak of *Salmonella enteritidis* infections in a Texas restaurant: phage type 4 arrives in the United States. *Epidemiology and Infection*. **117**: 29–34.
- Braun, P. & Fehlhaber, K. 1995. Migration of *Salmonella enteritidis* from the albumen into the egg yolk. *International Journal of Food Microbiol*. **25**: 95–99.
- Breeuwer, P., Lardeau, A., Peterz, M. & Joosten, H.M. 2003. Desiccation and heat tolerance of *Enterobacter sakazakii*. *Journal of Applied Microbiology*. **95**: 967–973.
- Brillat-Savarin, J.A. 2006. *Molecular gastronomy*. New York: Columbia University Press.
- Bygrave, A.C. & Gallagher, J. 1989. Transmission of *Salmonella enteritidis* in poultry. *Veterinary Record*. **124**: 571.
- Chantarapanont, W., Slutsker, L., Tauxe, R.V. & Beuchat, L.R. 2000. Factors influencing inactivation of *Salmonella enteritidis* in hard-cooked eggs. *Journal of Food Protection*. **63**: 36–43.
- Chart, H. & Rowe, B. 1993. Iron restriction and the growth of *Salmonella enteritidis*. *Epidemiological Infection*. **100**: 41–47.
- Donnelly, T.M., Srivastava, K.K. & Oyejide, A. 2002. Oozing ostrich egg: omphalitis caused by Enterobacteriaceae. *Lab Animal*. **31**: 23–24.
- Doyle, M.P. 1984. Association of *Campylobacter jejuni* with Laying Hens and Eggs. *Applied and Environmental Microbiology*. **47**: 533–536.

- Doyle, M.P. & Cliver, D.O. 1990. *Salmonella: Foodborne Diseases*. San Diego: Academic Press.
- Doyle, M.E. & Mazzotta, A.S. 2000. Review of studies on the thermal resistance of *Salmonellae*. *Journal of Food Protection*. **63**: 779-795.
- Duboccage, L., Heyndrickx, M., Grijspeerdt, K. & Herman, L. 2001. Growth of *Salmonella* in egg white. *Journal of Food Protection*. **66** (3b): 531-534.
- Ebel, E. & Schlosser, W. 2000. Estimating the annual fraction of eggs contaminated with *Salmonella enteritidis* in the United States. *International Journal of Food Microbiology*. **61**: 51-62.
- Eblen, D.R., Annous, B.A. & Sarpers, G.M. 2005. Studies to select appropriate nonpathogenic surrogate *Escherichia coli* strains for potential use in place of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in pilot plant studies. *Journal of Food Protection*. **68**(2): 282-291.
- Farber, J. M., Daley, E. & Coates, F. 1992. Presence of *Listeria* spp. in whole eggs and wash water samples from Ontario and Quebec. *Food Research and International*. **25**: 143-145.
- FDA. 2004. Prevention of *Salmonella Enteritidis* in shell eggs during production. At [www.cfsan.fda.gov/~acrobat/fr04922b.pdf](http://www.cfsan.fda.gov/~acrobat/fr04922b.pdf).
- FDA. 2009. Egg Safety Final Rule. At <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/ProductSpecificInformation/EggSafety/EggSafetyActionPlan/ucm170615.htm>.
- Finch, M.J. & Blake, P.A. 1985. Foodborne Outbreaks of Campylobacteriosis: the US Experience, 1980-1982. *American Journal of Epidemiology*. **122**: 262-268.
- Foegeding, P.M. & Leasor, S.B. 1990. Heat Resistance and Growth of *Listeria monocytogenes* in liquid whole egg. *Journal of Food Protection*. **53**: 9-14.
- Funke, B.R., Case, C.L. & Tortora, G.J. 2006. *Microbiology: An introduction*. 9<sup>th</sup> edition. London: Pearson Education Inc.
- Frazier, W.C. & Westhoff, D.C. 1988. *Contamination, preservation, and spoilage of eggs*. Food microbiology (4<sup>th</sup> edition). New York: McGraw-Hill.
- Gadsby, P. 2006. Cooking For Eggheads. *DISCOVER*. **27**: 38-43.
- Garibaldi, J.A. 1970. Role of microbial iron transport compounds in the bacteria spoilage of eggs. *Applied Microbiology*. **20**: 558-560.
- Gast, R.K. & Beard, C.W. 1990. Production of *Salmonella enteritidis*-contaminated eggs by experimentally infected hens. *Avian Diseases*. **34**: 438-446.

- Gast, R.K. & Holt, P.S. 2001. Assessing the frequency and consequences of *Salmonella enteritidis* deposition on the egg yolk membrane. *Poultry Science*. **80**: 997–1002.
- Gauthier-Jacques, A., Bortlik, K. & Han, H. 2001. Improved method to track chlorophyll degradation. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. **49**: 1117–1122.
- George, J.B. 1989. *Basic Food Microbiology*. Second edition. United States: Thomsan Publishing.
- Grijspeerdt, K. & Herman, L. 2003. Inactivation of *Salmonella enteritidis* during boiling of eggs. *International Journal of Food Microbiology*. **82**: 13–24.
- Gurtler, J.B. & Conner, D.E. 2009. Survival and Growth of *Salmonella enteritidis* in Liquid Egg Products Varying by Temperature, Product Composition, and Carbon Dioxide Concentration. *Foodborne Pathogens and Disease*. **6**: 22–28.
- Gyles, C.L. 1994. *Escherichia coli in Domestic Animals and Human*. United Kingdom: CAB International.
- Hammack, T.S., Sherrod, P.S. & Bruce, V.R. 1993. Growth of inside eggs laid by hens infected with *Salmonella enteritidis* in Grade A eggs during prolonged storage. *Poultry Science*. **72**: 373–377.
- Hartsell, S.E. 1949. The newer knowledge of lysozyme and bacteria. *Proceedings of Industrial Academic Science*. **75**: 44–53.
- Hillman, H. 2003. *The New Kitchen Science: A Guide to Knowing the Hows and Whys for Fun and Success in the Kitchen*. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Hope, B.K., Baker, R. & Edel, E.D. 2002. An overview of the *S.enteritidis* risk assessment for shell eggs and egg products. *Risk Analysis*. **22**: 203–218.
- Hopper, S.A. & Mawer, S. 1988. *Salmonella enteritidis* in a commercial layer flock. *Veterinary Record*. **123**: 351.
- Hou, H., Singh, R.K., Muriana, P.M. & Stadelman, W.J. 1996. Pasteurization of intact eggs. *Food microbiology*. **13**: 93–101.
- Humphrey, T.J., Greenwood, M., Gilbert, R.J., Rowe, B. & Chapman, P.A. 1989. The Survival of Salmonellas in Shell Eggs Cooked under Simulated Domestic Conditions. *Epidemiology and Infection*. **103**: 35–45.
- Humphrey, T.J., Chapman, P.A., Rowe, B. & Gilbert, R.J. 1990. A comparative study of the heat resistance of salmonellas in homogenized whole egg, egg yolk or albumen. *Epidemiology and Infection*. **104**: 327–241.

- Humphrey, T.J., Chart, H., Baskerville, A. & Rowe, B. 1991a. The influence of age on the response of SPF hens to infection with *Salmonella enteritidis* PT4. *Epidemiology and Infection*. **106**: 33-43.
- Humphrey, T.J., Whitehead, A., Gawler, A.H.L. & Henley, A. 1991b. Numbers of *Salmonella enteritidis* in the contents of naturally contaminated hens' eggs. *Epidemiology Infection*. **106**: 489-496.
- Humphrey, T.J. & Whitehead, A. 1993. Egg age and the growth of *Salmonella enteritidis* pt4 in egg contents. *Epidemiol Infection*. **111**: 209-219.
- Ibrahim, H.R., Thomas, U. & Pellegrini, A. 2001. A helix-loop-helix peptide at the upper lip of the active site cleft of lysozyme confers potent antimicrobial activity with membrane permeabilization action. *Journal of Biological Chemistry*. **276**: 43767-43774.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). 1996. *Salmonellae*. In *Micro-Organisms in Foods 5. Characteristics of Microbial Pathogens*. London: Blackie Academic & Professional.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). 2000. *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. United States: Aspen Publishers, Inc.
- ICMSF. 2005. *Eggs and Egg Products*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Ijichi, K., Garibaldij, A., Kaufman, V.F., Hudson, C.A. & Lineweaver, H. 1973. Microbiology of a Modified Procedure for Cooling Pasteurized Salt Yolk. *Journal of Food Science*. **38**: 1241-1243.
- Indar, L., Baccus-Taylor, G. & Commissiong, E. 1998. Salmonellosis in Trinidad: Evidence for transovarian transmission of *Salmonella* in farm eggs. *West Indian Medical Journal*. **47**: 50-53.
- Jalali, M., Abedi, D., Pourbakhsh, S.A. & Ghoukasian, K. 2007. Prevalence of *Salmonella* spp. in raw and cooked foods in Isfahan-Iran. *Journal of Food Safety*. **28**: 442-452.
- Jay, J.M. 1992. *Modern Food Microbiology*. 4<sup>th</sup> edition. New York: Van Nostrand Reinhold co.
- Jay, M.J. 2000. *Modern Food Microbiology*. 6<sup>th</sup> edition. New York: Aspen Publisher.
- Jin, Tony., Zhang, H., Boyd, G. & Tang, J. 2008. Thermal resistance of *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* K12 in liquid egg determined by thermal-death-time disks. *Journal of Food Engineering*. **84**: 608-614.

- Joachim, D. 2001. *Brilliant Food Tips and Cooking Tricks: 5,000 Ingenious Kitchen Hints, Secrets, Shortcuts, and Solutions*. United Kingdom: Rodale.
- Johnson, J., Kuskowski, M., Menard, M., Gajewski, A., Xercavins, M. & Garau, J. 2006. Similarity between human and chicken *Escherichia coli* isolates in relation to ciprofloxacin resistance status. *Journal of Infectious Diseases*. **194**: 71-88.
- Jones, F.T., Rives, D.V. & Carey, J.B. 1995. *Salmonella* contamination in commercial eggs and an egg production facility. *Poultry Science*. **74**: 753-757.
- Jones, D.R., Musgrove, M.T. & Northcutt, J.K. 2004a. Variation in external and internal microbial populations in shell eggs during extended storage. *Journal of Food Protection*. **67**: 2657-2660.
- Jones, D.R., Curtis, P.R. & Anderson, K.E. 2004b. Microbial contamination in inoculated shell eggs. II. Effects of layer strain and egg storage. *Poultry Science*. **83**: 95-100.
- Jones, D.R., Musgrove, M.T., Caudill, A.B. & Cutris, P.A. 2006. Frequency of *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria* and *Enterobacteriaceae* detection in commercially cool water-washed shell eggs. *Journal of Food Safety*. **26**: 264-274.
- Jones, D.R. & Musgrove, M.T. 2007. Pathogen prevalence and microbial levels associated with restricted shell eggs. *Journal of Food Protection*. **70**: 2004-2007.
- Kurti, N. 1995. *Rumford and Culinary Science*. Oxford: David Brown.
- Lakins, D.G. Alvarado, C.Z., Thompson, L.D., Brashears, M.T., Brooks, J.C. & Brashears, M.M. 2008. Reduction of *Salmonella enteritidis* in Shell Eggs Using Directional Microwave Technology. *Poultry Science*. **87**: 985-991.
- Laura, M., Bin, X., Robert, H. M., Paul, W. & Louise, K. 2008. Qualitative exposure assessment for *Salmonella* spp. in shell eggs produced on the island of Ireland. *International Journal of Food Microbiology*. **125**: 308-319.
- Lersch, M. 2009. *Towards the Perfect Soft Boiled Egg*. France: Khymos.
- Lin, F.Y.C., Morris, J.G., Tilghman, D., Wood, P.K., Jackman, N., Israel, E. & Libonati, J.P. 1988. Investigation of an outbreak of *Salmonella enteritidis* gastroenteritis associated with consumption of eggs in a restaurant chain in Maryland. *American Journal of Epidemiology*. **128**: 839-844.
- Lister, S.A. 1988. *Salmonella enteritidis* infection in broilers and boilers breeders. *Veterinary Record*. **123**: 350.

Lund, B.M., Baird-parker, T.C. & Gould, G.W. 2000. *Salmonella*. In *The Microbiological Safety and Quality of Food. Volume II*. United States: Aspen Publishers.

MAAF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). 2000. Eggs and poultry meat frequently asked question. At <http://www.maF.gov.uk/foodrin/poultry/epfaq.htm>.

Malaysia. 2006. Food Act 1983 and Food Regulation Malaysia 1985 (Revised 2006). Kuala Lumpur: International Law Book Service.

Manual for Microbiological Examination of Food (MMEF), Food Quality Control Ministry of Health, Malaysia.

McCormack, N.J. 1989. *Creative Quantity Cooking*. United States: Jones & Bartlett Publishers.

McCullough, N. B. & Eisele, C. W. 1951. Experimental human salmonellosis. I. Pathogenicity of strains of *Salmonella meleagridis* and *Salmonella anatum* obtained from spray-dried whole egg. *Journal of Infectious Disease*. **88**: 278-289.

McGee, H. 2003. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. New York: Scribner.

McKellar, R.C. & Knight, K.P. 2000. *Safe Handling of Foods: Safe handling of dairy and egg products*. New York: Marcel Dekker.

McLandsborough, L. 2003. *Food Microbiology Laboratory*. United States: CRC Press.

Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L.F., Bresee, J.S., Shapiro, C., Griffin, P.M. & Tauxe, R.V. 1999. Food-related illness and death in the United States. *Emergency Infection Disease*. **5**: 607-625.

Mead, G.C. 2007. *Microbiological Analysis of Red Meat, Poultry and Eggs*. Cambridge England: CRC Press.

Ministry of Health, Annual Report 1999.

Moore, J. & Madden, R.H. 1993. Detection and Incidence of *Listeria* species in Blended Raw Egg. *Journal of Food Protection*. **56**: 652-654, 660.

Muriana, P.M., HuiYing, H. & Singh, R.K. 1996. A flow-injection system for studying heat inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enteritidis* in liquid whole egg. *Journal of Food Protection*. **59**: 121-126.

Musgrove, M.T., Jones, D.R. & Northcutt, J.K. 2004. Identification of Enterobacteriaceae from washed and unwashed commercial shell eggs. *Journal of Food Protection*. **67**: 2613-2616.

- Nakae, T. & Nikaido, H. 1975. Outer membrane as a diffusion barrier in *Salmonella typhimurium*. Penetration of oligo- and polysaccharides into isolated outer membrane vesicles and cells with degraded peptidoglycan layer. *Journal of Biological Chemistry*. **250**: 7359-7365.
- Nataro, J.P. & Kaper, J.B. 1998. Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Journal of Dairy Science*. **11**: 142-201.
- Nath, K.R. & Baker, C. 1973. Factors affecting the growth of *Pseudomonas fluorescens* in liquid egg white. *Applied Microbiology*. **25**: 442-446.
- Nunes, I.A., Helmuth, R., Schroeter, A., Mead, G.C., Santos, M.A. & Solari, C.A. 2003. Phage typing of *Salmonella enteritidis* from different sources in Brazil. *Journal of Food Protection*. **66**: 324-327.
- Nygard, K., DeJong, B., Guerin, P.J., Andersson, Y., Olsson, A. & Giesecke, J. 2004. Emergence of new *Salmonella enteritidis* phage types in Europe? Surveillance of infections in returning travelers. *BMC Medicine*. **2**: 32.
- Osei-Somuah, A., Otsyina, H.R., Arthur, C.T., Nortey, P.W.K. & Hammond, V. 2003. Microbial Quality of table eggs sold on selected markets in Accra. Animal Research Institute 2006. Published in Ghana Veterinary Medical Association Bi-Annual newsletter. **6**: 14-18.
- Papadopoulou, C., Dimitriou, D., Levidiotou, S., Gessouli, H., Panagiou, A., Golegou, S. & Antoniades, G. 1997. Bacterial strains isolated from eggs and their resistance to currently used antibiotics: Is there a health hazard for consumers? *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Disease*. **20**: 35-40.
- Patrick, M.E., Adcock, P.M. & Gomez, T.M. 2000. *Salmonella enteritidis* Infections. *Emergency Infection Disease*. **10**: 1-7.
- Pellegrini, A., Thomas, U., Wild, P., Schraner, E. & Fellenberg, R.V. 2000. Effect of lysozyme or modified lysozyme fragments on DNA and RNA synthesis and membrane permeability of *Escherichia coli*. *Microbiol. Res.* **155**: 69-77.
- Ridgwell, J. 1983. *Finding Out about Food*. United States: Oxford University Press.
- Roberts, D., Hooper, W. & Greenwood, M. 1995. *Practical Food Microbiology*. London: Public Health Laboratory Service.
- Sahin, O., Kobalka, P. & Zhang, Q. 2003. Detection and survival of *Campylobacter* in chicken eggs. *Journal of Applied Microbiology*. **95**: 1070-1079.
- Sangwei, L., Patrick B.K. & Lee W.R. 2003. Association of *Salmonella enterica* Serovar *Enteritidis* YafD with Resistance to Chicken Egg Albumen. *Infection and Immunity*. **12**: 6734-6741.

- Schoeni, J.L., Glass, K.A., McDermott, J.L. & Wong, A.C.L. 1994. Growth and penetration of *Salmonella enteritidis*, *Salmonella heidelberg* and *Salmonella typhimurium* in eggs. *International Journal of Food Microbiology*. **24**: 385–396.
- Schoeni, J.L., Glass, K.A., McDermott, J.L. & Wong, A.C.L. 1995. Growth and penetration of *Salmonella enteritidis*, *Salmonella heidelberg* and *Salmonella typhimurium* in eggs. *International Journal of Food Microbiology*. **24**: 385–396.
- Schroeder, C.M., Latimer, H.K. & Schlosser, W.D. 2005. Overview and summary of the food safety and inspection service inspection service risk assessment for *Salmonella enteritidis* in shell eggs. *Foodborne Pathogen Disease*. **3**: 403–412.
- Schuman, J.D., Sheldon, B.W., Vandepopuliere, J.M. & Ball, H.R.J. 1997. Immersion heat treatments for inactivation of *Salmonella enteritidis* with intact eggs. *Journal of Applied Microbiology*. **83**: 438-444.
- Shivaprasad, H.L., Timoney, J.F., Morales, S., Lucio, B. & Baker, R.C. 1990. Pathogenesis of *Salmonella enteritidis* infection in laying chickens. I. Studies on egg transmission, clinical signs, fecal shedding and serologic responses. *Avian Diseases*. **34**: 548-557.
- Sim, J.S., Nakai, S. & Guenter, W. 2000. *Egg Nutrition and Biotechnology*. New York: CABI Publishing.
- Simmen, B. & Hladik, C.M. 1998. Sweet and bitter taste discrimination in primates: scaling effects across species. *Folia Primatol.* **69**: 251–257.
- Sparks, N.H.C. & Board, R.G. 1985. Bacterial penetration of recently oviposited shell of hen's eggs. *Australian Veterinary Journal*. **62**: 169-170.
- Spitznagel, J.K. 1984. Nonoxidative antimicrobial reactions of leukocytes: Regulation of leukocyte function. *Contemp. Top. Immunol.* **14**: 283.-343.
- St.Louis, M.E., Morse, D.L. & Potter, M.E. 1988. The emergence of grade A eggs as a major source of *Salmonella enteritidis* infections. *JAMA (J Am Med Assoc)*. **259**: 2103–2107.
- Stevens, L. 1991. Mini-review, egg white proteins. *Comparative Biochemical Physiology*. **100**(1): 1-9.
- Stokes, J.L., Osborne, W.W. & Bayne, H.G. 1956. Penetration and growth of *Salmonella* in shell eggs. *Food Research*. **21**: 510-518.
- Theron, H., Venter, P. & Lues, J.F.R. 2003. Bacterial growth on chicken eggs in various storage environments. *Food Research International*. **36**: 969–975.

- This, H. 2002. Molecular gastronomy. *Angewandte Chemie (International Edition)*. **41**: 83–88.
- This, H. 2005. Modelisation of dishes and exploration of culinary “precisions”: The two issues of molecular gastronomy. *British Journal Nutrition*. **93**: 1-5.
- This, H. 2006. Food for tomorrow? How the scientific discipline of molecular gastronomy could change the way we eat. *EMBO Reports*. **7**: 1062–1066.
- This, H & Kurti, N. 1994. Physics and chemistry in the kitchen. *Science American Magazine*. **270**: 44–50.
- Ukuku, D.O., Jin, T. & Zhang, H. 2008a. Membrane damage and viability loss of *Escherichia coli* K-12 and *Salmonella enteritidis* in liquid egg by thermal death time disk treatment. *Journal of Food Protection*. **71**(10): 1988-1995.
- Ukuku, D.O., Geveke, D.J., Cooke, P. & Zhang, H.Q. 2008b. Membrane damage and viability loss of *Escherichia coli* K-12 and *Salmonella enteritidis* in apple juice treated with radio frequency field. *Journal of Food Protection*. **71**: 684-690.
- Visca, P., Filetici, E., Anastasio, M.P., Vetriani, C., Fantasia, M. & Orsi, N. 1991. Siderophore production by *Salmonella* species isolated from different sources. *FEMS Microbiology Letters*. **63**: 225-231.
- Wang, H. & Slavik, M.F. 1998. Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. *Journal of Food Protection*. **61**: 276–279.
- Westmoreland, S. 2004. The Good Housekeeping Cookbook. New York: Hearst Books.
- Yadav, N.K. & Vadehra, D.V. 1977. Mechanism of egg white resistance to bacterial growth. *Journal of Food Science*. **42**: 97-99.
- Yasin, R.Y., Cheah, C.T. & Jegathesan, M. 1995. Human salmonellosis in Malaysia for the period 1989-July 1994. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicinal Public Health*. **26**: 457-460.
- Yousef, A.E. & Carlstrom, C. 2003. *Food Microbiology*. United States: John Wiley & Sons Publications.