

**KESAN PENAMBAHAN RUMPAI LAUT
TERHADAP CIRI-CIRI FIZIKOKIMIA DAN
AKTIVITI ANTIOKSIDAN DALAM SOSEJ AYAM**

ELISHA BINTI MUNSU

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**TESIS INI DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI
KEPERLUAN PENGIJAZAHAN IJAZAH SARJANA
SAINS**

**FAKULTI SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2019**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: **KESAN PENAMBAHAN RUMPAI LAUT TERHADAP CIRI-CIRI FIZIKOKIMIA DAN AKTIVITI ANTIOKSIDAN DALAM SOSEJ AYAM**

IJAZAH: **IJAZAH SARJANA SAINS (TEKNOLOGI MAKANAN)**

Saya **ELISHA BINTI MUNSU**, Sesi **2016-2019**, mengaku membenarkan tesis Sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis ini 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 1972)

TERHAD

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

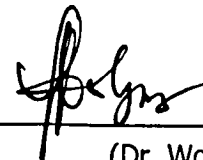
TIDAK TERHAD



ELISHA BINTI MUNSU
MN1611001T


Disahkan Oleh,
NORAZLYNNE MOHD. JOHAN @ JACLYNE
PUSTAKAWAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(Tandatangan Pustakawan)



(Dr. Wolyna Pindi)
Penyelia Utama


Tarikh : 30 SEPTEMBER 2019



PENGAKUAN

Saya mengaku bahawa Tesis Sarjana ini merupakan hasil usaha dan kerja saya sendiri, melainkan petikan dan ringkasan yang setiap satunya saya telah jelaskan sumbernya.

23 SEPTEMBER 2019


ELISHA BINTI MUNSU
MN1611001T



PENGESAHAN

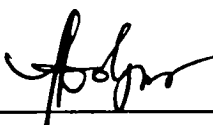
NAMA : **ELISHA BINTI MUNSU**
NO. MATRIK : **MN1611001T**
TAJUK : **KESAN PENAMBAHAN RUMPAI LAUT TERHADAP
CIRI-CIRI FIZIKOKIMIA DAN AKTIVITI
ANTIOKSIDAN DALAM SOSEJ AYAM**
IJAZAH : **IJAZAH SARJANA SAINS (TEKNOLOGI MAKANAN)**
TARIKH VIVA : **22 OGOS 2019**

DISAHKAN OLEH

Tandatangan


JAWATANKUASA PENYELIAAN

PENGERUSI
DR. WOLYNA PINDI



AHLI JAWATANKUASA

1. DR. NOORAKMAR AB. WAHAB



2. PROF. MADYA DR PATRICIA MATANJUN





PENGHARGAAN

Saya bersyukur kepada Tuhan kerana memberikan saya kekuatan mental dan fizikal dalam menyiapkan tesis sarjana. Saya juga ingin merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada beberapa individu yang telah menolong saya sepanjang tempoh penyelidikan dan penyediaan tesis ini.

Pertama sekali, saya ingin menyampaikan penghargaan dan penghormatan yang tidak terhingga kepada penyelia saya, Dr. Wolyna Pindi, yang telah banyak memberikan bimbingan, tunjuk ajar dan sokongan moral di sepanjang tempoh menyiapkan projek penyelidikan ini. Saya juga ingin mengucapkan ribuan penghargaan kepada projek geran penyelidikan RAGS0069-STWN-2015 yang menyokong penyelidikan ini dijalankan.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada semua kakitangan makmal di Fakulti Sains dan Pemakanan terutamanya kepada Puan Doreen, Puan Julia, Encik Willy, Encik Gerald, Encik Wilter, Encik Duasin, Kak Dayang dan yang lain-lain kerana memberikan kerjasama dan pertolongan semasa saya menjalankan kerja-kerja makmal. Terima kasih juga kepada rakan-rakan seperjuangan khususnya Hana, Hazriani dan Hevianne serta warga pascasiswazah kerana memberikan sokongan dan bantuan dari pelbagai segi di sepanjang saya menjalankan penyelidikan ini.

Akhir sekali saya ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada semua ahli keluarga saya, terutamanya ibu bapa serta adik-beradik saya yang lain kerana memberikan sokongan moral dan kewangan di sepanjang pengajian saya di UMS.

Elisha Binti Munsu

23 September 2019



ABSTRAK

Kesan penambahan tiga jenis rumpai laut tropika Sabah iaitu *Kappaphycus alvarezii* (KA), *Sargassum polycystum* (SP) dan *Caulerpa lentilifera* (CL) pada tiga aras yang berbeza (2%, 4% dan 6% dalam serbuk) terhadap ciri-ciri fizikokimia dan aktiviti antioksidan bagi sosej ayam telah dikaji. Penambahan serbuk rumpai laut menurunkan kandungan kelembapan dan lemak, namun meningkatkan kandungan abu dan serabut diet secara signifikan ($p < 0.05$). Walau bagaimanapun, kandungan abu bagi sampel sosej SP tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan dengan sampel kawalan ($p > 0.05$). Kandungan protein juga tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan dengan sampel kawalan bagi semua jenis rumpai laut ($p > 0.05$). Sosej yang mengandungi serbuk rumpai laut menghasilkan nilai kekerasan dan kekunyahan yang lebih tinggi ($p < 0.05$). Namun, tidak ada perbezaan yang signifikan bagi nilai kekohesifan dan kekenyalan ($p > 0.05$). Dalam kajian ini, penambahan rumpai laut ke dalam emulsi sosej merendahkan peratus air yang terekstrak ($p < 0.05$), ini menunjukkan penambahan rumpai laut memperbaiki kapasiti pemegangan air dalam sosej ayam. Perubahan warna sosej ayam adalah dipengaruhi dengan jenis rumpai laut yang ditambahkan. Secara umumnya, nilai L^* (kecerahan) dan b^* (kekuningan) adalah rendah bagi semua sampel sosej yang mengandungi serbuk rumpai laut ($p < 0.05$). Manakala nilai a^* (kemerahan) meningkat dengan penambahan serbuk rumpai laut bagi sampel sosej KA dan SP namun menurun bagi sampel sosej CL ($p < 0.05$). Seterusnya, kandungan mineral Ca, Mn dan Mg bagi sosej ayam yang mengandungi rumpai laut meningkat ($p < 0.05$) berbanding dengan sampel kawalan. Selain daripada itu, penambahan rumpai laut meningkatkan kandungan fenolik (1.57 – 6.55 mg GAE/g) dalam sosej ayam. Dalam ujian sensori, sosej ayam yang ditambahkan KA sehingga 4% dan 2% SP boleh diterima oleh panel dan tidak mempunyai perbezaan yang signifikan dengan sampel kawalan ($p > 0.05$). Manakala ujian sensori menunjukkan penambahan CL (2-6%) dalam sosej ayam menurunkan penerimaan panel ($P < 0.05$). Selain daripada itu, penambahan rumpai laut ke dalam sosej ayam menurunkan nilai pengoksidaan lipid (TBARS) berbanding dengan sampel kawalan ($P < 0.05$) semasa kajian penyimpanan. Secara keseluruhannya, rumpai laut terutamanya KA dan SP berpotensi digunakan di dalam penghasilan produk daging untuk memperbaiki kualiti tekstur, meningkatkan kandungan nutrien dan menurunkan pengoksidaan lipid.

ABSTRACT

EFFECTS OF ADDING SEAWEED ON THE PHYSICOCHEMICAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CHICKEN SAUSAGE

The effects of adding three types of Sabah tropical seaweeds, Kappaphycus alvarezii (KA), Sargassum polycystum (SP) and Caulerpa lentilifira (CL) at three concentrations (2%, 4% and 6% dry matter) on the physicochemical and antioxidant activity of chicken sausages were investigated. Chicken sausages with seaweed showed lower moisture and fats content ($p < 0.05$). However, the ash content and total dietary fibre increased with increasing amounts of seaweed powder ($p < 0.05$). Furthermore, the protein content did not show significant differences with the control samples for all seaweed species ($p > 0.05$). The addition of seaweed powder increased the texture properties mainly hardness and chewiness ($p < 0.05$) but was found no significant difference in cohesiveness and springiness ($p > 0.05$). In this study, the addition of seaweed into sausage emulsion lowered the percentage of extracted water ($p < 0.05$); which shows that seaweed addition improves water retention capacity in sausages. The colour of chicken sausage was affected by the type of seaweed added. In general, L^ (brightness) and b^* (yellowish) values was low for all sausage samples containing seaweed powder ($p < 0.05$). Whereas a^* (redness) value increased with the addition of seaweed powder for sausage samples of KA and SP; but decreased for sausage samples of CL ($p < 0.05$). Next, Ca, Mn and Mg mineral contents for sausages containing seaweed increased ($p < 0.05$) compared to the control samples. Furthermore, seaweed incorporation significantly increased the total phenolic content (up to 6.65 mg GAE per 100 g fw) compared to the control ($p < 0.05$). In sensory evaluation, chicken sausage supplemented by KA up to 4% and 2% SP can be accepted by the panel and has no significant difference with the control sample ($p > 0.05$). Sensory testing showed that the addition of CL (2-6%) in chicken sausage decreased the acceptance of the panel ($P < 0.05$). Furthermore, during storage studies, the addition of seaweed into chicken sausage lowered the lipid oxidation value (TBARS) compared to the control sample ($P < 0.05$). Overall, seaweeds; especially KA and SP, are potentially used in the production of poultry products to improve textural quality, enhance nutrient content and reduce lipid oxidation.*



SENARAI KANDUNGAN

TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SINGKATAN / SIMBOL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang kajian	1
1.2 Kepentingan kajian	4
1.3 Objektif kajian	4
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Industri daging ayam di Malaysia	5
2.1.1 Pola permintaan dan pengeluaran daging ayam	6
2.1.2 Daging dan produk daging terproses	7
2.1.3 Sosej dan kategori sosej	9
2.1.4 Pengoksidaan lipid dalam produk daging	11
2.2 Radikal bebas dan tekanan oksidatif	13
2.3 Antioksidan	15
2.3.1 Antioksidan semula jadi	16
2.3.2 Antioksidan sintetik	17
2.4 Rumpai laut	18



2.4.1	Pengelasan rumpai laut	20
2.4.2	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	21
2.2.3	<i>Sargassum polycystum</i>	22
2.2.4	<i>Caulerpa lentilifira</i>	24
2.5	Serabut diet	25
2.6	Makanan berfungsi	28
2.6.1	Penambahan rumpai laut dalam produk daging	29
2.7	Asai Antioksidan	31
2.7.1	Aktiviti memerangkap radikal bebas (DPPH)	32
2.8	Fitokimia dan kandungan Asid fenolik	33
2.9	Penentuan reologi dan tekstur makanan	34
2.9.1	Ujian reologi makanan	34
2.9.2	Analisis profil tekstur (TPA)	37
2.10	Mikrostruktur dalam makanan	39
2.11	Aditif makanan yang digunakan dalam produk sosej ayam	40
2.11.1	Garam	40
2.11.2	Protein soya terisolat (ISP)	41
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	42
3.1	Bahan Mentah	42
3.2	Reka bentuk kajian	42
3.3	Kaedah pemprosesan	44
3.3.1	Penyediaan rumpai laut	44
3.3.2	Penyediaan daging ayam	44
3.3.3	Penyediaan sosej ayam campuran rumpai laut	44
3.4	Analisis proksimat	46

3.4.1	Penentuan kandungan kelembapan (AOAC 2002)	46
3.4.2	Penentuan kandungan abu (AOAC 2002)	47
3.4.3	Penentuan kandungan protein (AOAC 2000)	47
3.4.4	Penentuan kandungan lemak (AOAC 2000)	48
3.5	Penentuan kandungan serabut diet	49
3.6	Penentuan fizikokimia	50
3.6.1	Tekstur	50
3.6.2	Penentuan air terekstrak	51
3.6.3	Penentuan kehilangan memasak	51
3.6.4	Penentuan Warna	51
3.6.5	Penentuan aktiviti air	52
3.7	Analisis Mikroskopi Imbasan Elektron Pelbagai Tekanan (VP-SEM)	52
3.8	Sifat reologi dinamik	52
3.9	Penentuan kandungan mineral	53
3.10	Ujian antioksidan	53
3.10.1	Pengekstrakan bagi rumpai laut dan sampel sosej ayam	53
3.10.2	Kandungan fenolik	54
3.10.3	Aktiviti memerangkap radikal bebas (DPPH)	55
3.11	Sensori	55
3.12	Ujian penyimpanan selama 28 hari pada suhu 4°C	56
3.12.1	Ujian asid 2-tiobarbiturik	56
3.13	Analisis Statistik	56
BAB 4	HASIL DAN PERBINCANGAN	57
4.1	Kandungan nutrien dalam serbuk rumpai laut	57
4.2	Jumlah kandungan fenolik dan kesan memerangkap DPPH radikal bebas bagi serbuk rumpai laut	60



4.3	Kandungan nutrien dalam sampel sosej ayam yang ditambah rumpai laut	62
4.4	Ciri-ciri fizikal sosej ayam	69
4.4.1	Ciri-ciri tekstur bagi sosej ayam yang ditambah rumpai laut	69
4.4.2	Air terekstrak dalam sosej ayam kawalan dan campuran rumpai laut	74
4.4.3	Kehilangan memasak bagi sosej ayam yang ditambah rumpai laut	77
4.4.4	Nilai warna bagi sosej ayam rumpai laut	80
4.4.5	Kandungan aktiviti air	84
4.5	Mikrostruktur sosej ayam yang ditambah rumpai laut	85
4.6	Reologi sosej ayam yang ditambah rumpai laut	91
4.7	Kandungan mineral dalam sosej ayam campuran rumpai laut	95
4.8	Jumlah kandungan fenolik dan kesan memerangkap DPPH radikal bebas bagi sosej ayam yang ditambahkan rumpai laut	97
4.9	Penilaian sensori sosej ayam yang ditambah rumpai laut	100
4.10	Ujian penyimpanan pada suhu 4°C	104
4.10.1	Pengoksidaan Lemak (TBARS) sosej ayam kesan penambahan rumpai laut	104
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN		107
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Cadangan dan limitasi	109
RUJUKAN		110
LAMPIRAN		141

SENARAI JADUAL

	Halaman	
Jadual 2.1:	Kandungan nutrien daging ayam di bahagian dada	8
Jadual 2.2:	Jenis dan klasifikasi sosej	10
Jadual 2.3:	Senarai nama spesies reaktif oksigen (ROS)	14
Jadual 2.4:	Kandungan nutrien yang terdapat dalam rumpai laut KA	22
Jadual 2.5:	Kandungan nutrien yang terdapat dalam rumpai laut SP	23
Jadual 2.6:	Kandungan nutrien yang terdapat dalam rumpai laut CL	25
Jadual 2.7:	Pengambilan serabut diet yang disyorkan	27
Jadual 2.8:	Parameter tekstur yang diperolehi daripada lengkung daya-masa analisis profil tekstur	38
Jadual 2.9:	Formulasi sosej ayam yang ditambah rumpai laut KA, SP dan CL	45
Jadual 4.1:	Kandungan proksimat dan serabut diet bagi tiga jenis rumpai laut (% berat kering)	57
Jadual 4.2:	Jumlah fenolik bagi rumpai laut yang diekstrak daripada pelarut metanol dan dinyatakan sebagai asid galik (GAE)	61
Jadual 4.3:	Kandungan kelembapan dalam sosej ayam yang ditambahkan serbuk rumpai laut	63
Jadual 4.4:	Kandungan abu dalam sosej ayam yang ditambahkan serbuk rumpai laut	64
Jadual 4.5:	Kandungan protein dalam sosej ayam yang ditambahkan serbuk rumpai laut	66
Jadual 4.6:	Kandungan lemak dalam sosej ayam yang ditambahkan serbuk rumpai laut	67
Jadual 4.7:	Kandungan serabut diet dalam sosej ayam yang ditambahkan serbuk rumpai laut	68
Jadual 4.8:	Profil tekstur (kekerasan) sampel sosej ayam yang ditambahkan rumpai laut dengan peratusan berbeza	70
Jadual 4.9:	Profil tekstur (kokehesifan) sampel sosej ayam yang ditambahkan rumpai laut dengan peratusan berbeza	72
Jadual 4.10:	Profil tekstur (kekenyalan) sampel sosej ayam yang ditambahkan rumpai laut dengan peratusan berbeza	72
Jadual 4.11:	Profil tekstur (kekunyahan) sampel sosej ayam yang ditambahkan rumpai laut dengan peratusan berbeza	73
Jadual 4.12:	(a-c) Kesan warna terhadap sosej ayam yang dicampurkan dengan serbuk rumpai laut	81
Jadual 4.13:	Kandungan aktiviti air dalam bater ayam sosej yang ditambah dengan rumpai laut	84
Jadual 4.14:	Suhu penggelan bagi sampel sosej ayam semasa pemanasan	94
Jadual 4.15:	Kandungan mineral dalam sosej ayam	96
Jadual 4.16:	Jumlah fenolik bagi sosej yang ditambah rumpai laut dan dinyatakan sebagai asid galik (GAE)	98
Jadual 4.17:	Ciri-ciri sensori bagi sosej ayam yang ditambah dengan rumpai laut	101



SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 2.1: Pencapaian dan anggaran pengeluaran daging mengikut jenis	7
Rajah 2.2: Tindak balas viskoelastik bahan yang mengalami pengegelan	35
Rajah 2.3: Konsep ujian relaksasi tekanan	36
Rajah 2.4: Lengkung analisis profil tekstur (TPA)	37
Rajah 3.1: Rekabentuk kajian	43
Rajah 3.2: Proses penyediaan sosej ayam yang ditambah rumpai laut	46
Rajah 4.1: Jumlah air yang diekstrak daripada sampel sosej ayam KA (a), Sampel sosej ayam SP (b) dan Sampel sosej ayam CL (c)	75
Rajah 4.2: Jumlah kehilangan memasak dalam sampel sosej ayam KA (a), sampel sosej ayam SP (b) dan Sampel sosej ayam CL (c)	78
Rajah 4.3: Mikrograf elektron bagi sosej kawalan di bawah pembesaran 250x.	86
Rajah 4.4: Mikrograf elektron bagi sosej ayam yang ditambahkan dengan rumpai laut KA pada peratus 2% (a), 4% (b) dan 6% (c) di bawah pembesaran 250x.	86
Rajah 4.5: Mikrograf elektron bagi sosej ayam yang ditambahkan dengan rumpai laut KA pada peratus 2% (a), 4% (b) dan 6% (c) di bawah pembesaran 250x.	87
Rajah 4.6: Mikrograf elektron bagi sosej ayam yang ditambahkan dengan rumpai laut KA pada peratus 2% (a), 4% (b) dan 6% (c) di bawah pembesaran 250x.	88
Rajah 4.7: Ujian hayunan suhu sosej ayam yang ditambahkan dengan rumpai laut pada peratus yang berbeza	92
Rajah 4.8: Aktiviti pemerangkap radikal DPPH bagi sosej ayam yang ditambahkan dengan rumpai laut	99
Rajah 4.9: Lipid pengoksidaan dalam sosej ayam	105



SENARAI SINGKATAN / SIMBOL

TBARS	-	Bahan Reaktif Asid 2-Tiobarbiturik
DPPH	-	1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl
BHA	-	Butylated hydroxylanisole
BHT	-	Butylated hydroxytoluene
USDA	-	Jabatan pertanian Amerika Syarikat
TPA	-	Analisis profil tekstur
GAE	-	Bersamaan galik asid
ROS	-	Spesies reaktif oksigen
Hd	-	Kekerasan
Sp	-	Kekenyalan
Ch	-	Kekohesifan
MDA	-	Malondialdehyde
ANOVA	-	Analisis varians
AOAC	-	Association of Official Analytical Chemists
F-C	-	Folin Ciocalteau



SENARAI LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A: SENARAI PENERBITAN DAN PEMBENTANGAN	141
LAMPIRAN B: BORANG PENILAIAN SENSORI (UJIAN HEDONIK)	142
LAMPIRAN C: GAMBAR-GAMBAR	144
LAMPIRAN D: Garf piawai bagi asid galik untuk menentukan kandungan fenolik	146
LAMPIRAN E: Graf piawai bagi 1,1,3,3-tetraetoksipropana untuk menentukan nilai TBARS	147



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang kajian

Sejak beberapa dekad yang lalu, produk daging berada di bawah pemerhatian rapi oleh para ahli kesihatan, ahli pemakanan, serta pengguna mengenai jumlah kandungan lemak dan kolesterol yang menjadi punca risiko utama pada penyakit kronik seperti penyakit jantung iskemia, kanser, tekanan darah tinggi, kolesterol, diabetes, penyakit jantung koronari dan obesiti (Cox & Abu-Ghannam, 2013; Weiss *et al.*, 2010). Daging dan produk daging secara umumnya dikenali sebagai penyumbang kepada nutrien di mana ia adalah sumber utama bagi nilai biologi protein, vitamin B kompleks, mineral dan komponen bioaktif yang lain seperti asid folik (Arihara, 2006; Cofrades *et al.*, 2008). Selain daripada menyumbang kepada nilai biologi protein, daging juga merupakan sumber yang bernilai bagi rantai panjang n-3 asid lemak dan juga unsur surih yang penting seperti kuprum, ferum, iodin, mangan, selenium dan zink, serta sumber penting mikronutrien yang lain (Rooke *et al.*, 2010; Williamson *et al.*, 2005). Walau bagaimanapun, produk daging mengandungi sumber lemak, asid lemak politaktepu, kolesterol, sodium dan bahan lain yang boleh menghasilkan kesan fisiologikal yang negatif (Cox & Abu-Ghannam, 2013).

Gaya hidup yang sibuk ditambah lagi dengan pertumbuhan pesat industri makanan segera menyebabkan perubahan dalam tabiat makan orang ramai yang secara tidak langsung menyebabkan kesan negatif ke atas kesihatan (Lau *et al.*, 2012). Oleh sebab daging adalah salah satu makanan segera yang paling penting, ia menawarkan cara terbaik untuk mempromosikan pengambilan bahan-bahan berfungsi tanpa perubahan radikal dalam kebiasaan makan (Cofrades *et al.*, 2008). Menurut Biswas *et al.*, (2010) kempen negatif mengenai daging dan potensinya dalam



memberikan impak bahaya dalam kesihatan telah menarik perhatian para pengguna. Permintaan pengguna terhadap produk daging berfungsi ditambah lagi dengan persaingan global telah menyebabkan industri daging didorong dari segi pemprosesan dan penambahan bahan berfungsi (Choi *et al.*, 2012; Weiss *et al.*, 2010).

Kualiti daging sangat penting bagi pengguna moden yang mana makanan adalah sebahagian daripada kebiasaan. Pada masa lalu, makanan digunakan untuk kelangsungan hidup dan isu-isu seperti kelembutan daging atau kejusian tidak begitu diambil perhatian. Masa kini, para pengguna sanggup untuk membayar harga premium untuk potongan daging yang berkualiti tinggi bagi mereka makan di rumah atau di restoran. Oleh itu, hari ini kita dapat melihat banyak iklan yang memberi tumpuan kepada produk yang baru, tender, berair, rasa yang bertambah baik serta sihat untuk anda (Barbut, 2015).

Banyak produk baru yang telah dibangunkan dan dipasarkan, menawarkan peningkatan manfaat kesihatan dan potensi untuk mengurangkan risiko penyakit. Jualan makanan berfungsi sedemikian di Malaysia adalah besar dan masih berkembang (Amna *et al.*, 2016). Sejak beberapa tahun kebelakangan ini, beberapa kajian telah dijalankan ke atas penghasilan produk daging yang berlemak rendah (Choi *et al.*, 2010; Jusof Khadidi & Hamid, 2015; Mendoza *et al.*, 2001), garam rendah (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2010; López-López *et al.*, 2009; McDonnell *et al.*, 2013), dan penambahan bahan berfungsi (Choi *et al.*, 2008; Cox & Abu-Ghannam, 2013; Kim *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2014). Selain daripada itu, Cofrades *et al.*, (2008), dan Kim *et al.*, (2010), menyatakan bahawa penambahan rumpai laut untuk produk berasaskan emulsi daging adalah sangat menarik untuk tujuan teknologi dan fungsinya.

Penambahan rumpai laut ke dalam produk daging berfungsi sebagai pengikat lemak dengan mempengaruhi sifat-sifat produk daging dari segi kekerasan dan kelembutan struktur (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2010). Cierach *et al.*, (2009), menyatakan bahawa penggunaan karagenan (Kappa I) dalam frankfurter rendah lemak mengurangkan kehilangan memasak serta meningkatkan kualiti produk. Selain itu, Fernández-Martín *et al.*, (2009), melaporkan bahawa rumpai laut *Sea Spaghetti*

memberikan kesan yang positif bagi produk adunan daging khinzir dari segi ikatan kapasiti air dan minyak, kekerasan serta kekenyalan. Produk yang kaya dengan serabut diet menghasilkan produk yang sihat, merendahkan kalori, kolesterol dan lemak serta memanjangkan jangka hayat makanan. Selain itu, produk berfungsi ini juga meningkatkan ciri-ciri hidrasi, pemegangan kapasiti minyak, kelikatan, tekstur serta memperbaiki ciri-ciri sensori (Elleuch *et al.*, 2011).

Sabah merupakan pengeluar utama rumpai laut di Malaysia dengan keluasan kawasan penternakan 12, 895 hektar (Mohamad & Noh, 2014). Polisakarida rumpai laut merupakan sumber serabut diet larut dan tidak larut yang dapat menghasilkan kapasiti pemegangan air yang lebih tinggi daripada serabut selulosa (tidak larut). Manakala serabut diet yang larut menunjukkan kebolehan untuk meningkatkan kelikatan, membentuk gel dan pengemulsi (Elleuch *et al.*, 2011).

Rumpai laut tropika seperti *Sargassum polycystum* (SP), *Caulerpa lentilifira* (CL) dan *Kappaphycus alvarezii* (KA) mengandungi kandungan serabut diet yang tinggi iaitu masing-masing 39.67%, 32.99% dan 25.05% (Matanjun *et al.*, 2009). Matanjun *et al.*, (2008), dan Ahmad Fisalet *al.*, (2012) menyatakan bahawa rumpai laut KA dan CL merupakan spesies yang mempunyai kandungan asid fenolik yang banyak iaitu 11.26 mg PGE/g dan 51.87 mg PGE/g masing-masing dibandingkan dengan spesies *Kappaphycus striatrium*, *Eucheumadenticulatum* dan lain-lain. Rumpai laut juga mempunyai antioksidan yang tinggi disebabkan oleh kandungan komponen antioksidan tanpa enzim seperti asid askorbik, pengurangan tripeptida, fenol dan juga flavonoid (Prior *et al.*, 2005). Kajian lain yang dijalankan Nguyen *et al.*, (2011) juga menyatakan aktiviti antioksidan rumpai laut CL dipengaruhi oleh kandungan fenoliknya iaitu 2.40 mg GAE/g dalam berat kering. Rumpai laut mempunyai kandungan fitokimia yang tinggi seperti kompaun asid fenolik (Farasat *et al.*, 2014; Ganesan *et al.*, 2008; Gupta *et al.*, 2011).

1.2 Kepentingan kajian

Kesedaran para pengguna terhadap produk daging adalah semakin meningkat namun pengambilan produk daging yang berlebihan mempengaruhi kesihatan. Produk daging yang berkhasiat dihasilkan menggunakan pelbagai bahan seperti tumbuhan, buah-buahan dan sayur-sayuran. Tumbuhan makroalga ataupun rumpai laut merupakan salah satu bahan berfungsi yang boleh ditambahkan ke dalam produk daging. Salah satu komponen yang terbesar dalam rumpai laut adalah serabut diet, mineral serta antioksidan yang boleh mencegah daripada berlakunya penyakit kronik. Justeru itu dalam kajian ini, rumpai laut tropika Sabah *Kappaphycus alvarezii* (KA), *Sargassum polycystum* (SP) dan *Caulerpa lentilifera* (CL) ditambahkan ke dalam produk daging ayam untuk meningkatkan kandungan nutrisi, memperbaiki fizikokimia dan meningkatkan kandungan antioksidan.

1.3 Objektif kajian

Objektif umum kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji penambahan rumpai laut *Kappaphycus alvarezii* (KA), *Sargassum polycystum* (SP) dan *Caulerpa lentilifera* (CL) ke dalam sosej ayam terhadap ciri-ciri fizikokimia dan fitokimia. Objektif spesifik kajian ini adalah seperti yang disenaraikan di bawah:

1. Menentukan kesan penambahan serbuk rumpai laut KA, SP dan CL pada peratus yang berbeza (2, 4 dan 6%) terhadap nilai proksimat, serabut diet, fizikokimia, mineral dan penerimaan sensori bagi sosej ayam.
2. Mengenalpasti kesan penambahan rumpai laut KA, SP dan CL terhadap aktiviti antioksidan dan fitokimia bagi sosej ayam.
3. Mengkaji kesan penambahan serbuk rumpai laut KA, SP dan CL terhadap kualiti sosej ayam sepanjang 28 hari penyimpanan suhu sejuk (4 °C).

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Industri daging ayam di Malaysia

Malaysia menjadi mampu diri dalam pengeluaran daging ayam yang terdiri daripada ayam, itik dan puyuh, dan pengeluaran ini dapat memenuhi permintaan domestik di Malaysia (Acosta-Alba *et al.*, 2012; Cerutti *et al.*, 2011; Lindsey, 2011). Ayam adalah makanan ruji kedua selepas beras, yang menyediakan sumber protein yang diperlukan dalam diet. Sebab lain mengapa ayam menjadi makanan ruji di kalangan rakyat Malaysia adalah disebabkan oleh harga ayam yang lebih murah serta konsisten berbanding daging lembu dan khinzir (Abdurofi *et al.*, 2017; Majid & Hassan, 2014; Syahirah Samsuddin *et al.*, 2015).

Industri ternakan ayam merupakan salah satu industri yang berskala besar di negara Malaysia dan juga negara lain di dunia. Ini kerana daging ayam mudah diperolehi, dimakan dan diterima oleh semua bangsa dan kaum (Barbut, 2015). Daging ayam boleh dikategorikan sebagai ayam peliharaan semula jadi dan daging ayam komersial. Daging ayam peliharaan adalah karkas ayam yang dibesarkan dalam hutan atau kebun dan selalunya membiak selama 6 bulan. Manakala, ayam komersial dibesarkan dalam kurungan dan membiak dengan lebih cepat iaitu selama 3 bulan (Xiong *et al.*, 2015).

Industri ayam memainkan peranan yang penting kepada ekonomi Malaysia dalam penyediaan sumber protein yang murah kepada penduduk berbilang etnik. Ia menyumbang 57.5% dalam sektor ternakan pada tahun 2012; lebih tinggi berbanding ternakan lain (Abdurofi *et al.*, 2017; Sheng *et al.*, 2010). Peratusan ternakan ayam



kepada jumlah ternakan kemungkinannya akan meningkat pada masa yang akan datang (Jamaludin, 2013).

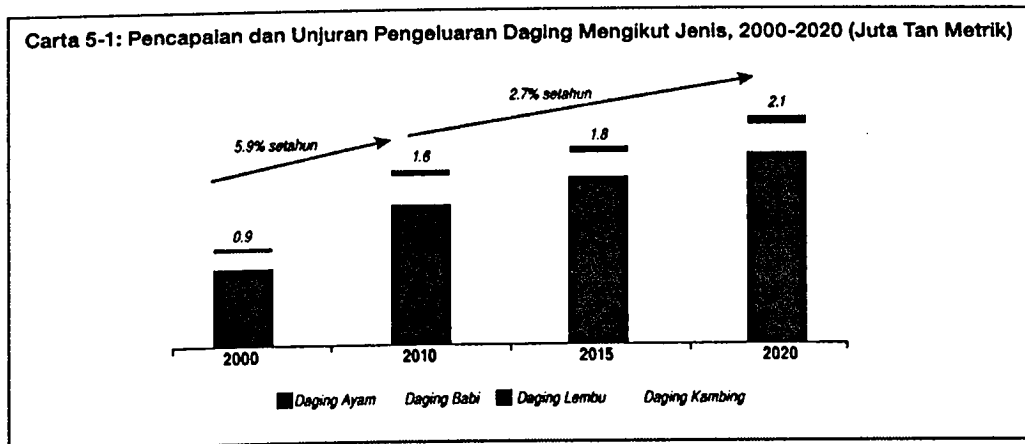
2.1.1 Pola permintaan dan pengeluaran daging ayam

Pengeluaran daging ayam adalah sebahagian daripada aktiviti pertanian dan menurut Dr. Greg Thoma dari Universiti Arkansas, aktiviti pertanian meningkatkan keupayaan generasi akan datang bagi memenuhi keperluan mereka, meningkatkan produktiviti bagi makanan, mengurangkan impak terhadap alam sekitar, meningkatkan kesihatan manusia serta kesejahteraan sosial dan ekonomi komuniti pertanian. Oleh itu, pengeluaran daging ayam di Malaysia berkait rapat dengan peningkatan populasi. Apabila penduduk bertambah, kesan-kesan alam sekitar untuk jangka waktu yang panjang harus dipertimbangkan selaras dengan persediaan ayam untuk kegunaan domestik Malaysia pada harga yang berpatutan dan pada masa yang sama memastikan pengeluaran ayam baik pada masa kini dan generasi akan datang (Syahirah Samsuddin *et al.*, 2015).

Dalam Malaysia, pembangunan pengeluaran ayam bermula dari tahun 1950 termasuklah aktiviti penternakan reban ayam. Pembangunan pengeluaran semakin cepat apabila vaksin yang berkesan bagi penyakit New Castle dijumpai pada tahun 1947. Kemudian dari tahun 1999 sehingga 2003, ayam mengalami pengeluaran yang signifikan yang mana 94% daripada pengeluaran ayam di Malaysia mengandungi ayam, diikuti itik (5%) daripada jumlah keseluruhan produksi ayam, angsa, turkey dan puyuh adalah 1% daripada pengeluaran ayam (Kaur & Arshad, 2008). Secara globalnya, daging khinzir adalah paling banyak diambil (15.8 kg/kapita/tahun), diikuti oleh daging ayam (13.6 kg/kapita/tahun), daging lembu (9.6 kg/kapita/tahun) dan seterusnya daging kambing (1.9 kg/kapita/tahun) (*Food and Agriculture Organization Report*, 2014).

Pada tahun 2006, aktiviti pengeluaran ayam daging tempatan telah menyumbang lebih kurang 70 peratus daripada keseluruhan bekalan daging negara (Jalal, 2017). Permintaan daging dijangka akan terus meningkat daripada 1.4 juta tan

metrik pada tahun 2010 kepada 1.8 juta tan metrik pada tahun 2020 dengan pertumbuhan sebanyak 2.4 peratus setahun manakala pengeluaran daging pula dianggarkan akan meningkat daripada 1.6 juta tan metrik pada tahun 2010 dan seterusnya meningkat kepada 2.1 juta tan metrik pada tahun 2020 dengan pertumbuhan sebanyak 2.7 peratus setahun seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.1.



Rajah 2. 1: Pencapaian dan anggaran pengeluaran daging mengikut jenis

Sumber : Dasar Agromakanan Negara 2011-2020

Industri ayam telah mengalami peningkatan yang ketara dalam penggunaan dan perubahan dalam mengedarkan penjualan satu badan, pemotongan dan produk yang diproses. Berdasarkan trend pasaran semasa dan sebelumnya, adalah selamat untuk menganggap pengeluaran daging ayam akan terus berkembang di seluruh dunia. Pada masa yang akan datang, penggunaan teknologi baru akan menjadi kebiasaan. Dengan meningkatnya pengambilan daging ayam, akan terdapat permintaan yang lebih tinggi untuk keperluan ahli saintis makanan, dan seterusnya lebih banyak peluang untuk mempertingkatkan produk (Barbut, 2012).

2.1.2 Daging dan produk daging terproses

Sejak beberapa dekad yang lalu, produk daging berada di bawah pengawasan yang semakin meningkat oleh kumpulan perubatan, pemakanan dan pengguna disebabkan

oleh kandungan lemak dan kolesterol yang menyumbang kepada risiko bagi beberapa penyakit kronik iaitu penyakit jantung iskemia, kanser, hipertensi dan obesiti (Cofrades *et al.*, 2017; Cox & Abu-Ghannam, 2013). Daging dan produk daging adalah keperluan komponen asas diet yang membekalkan jumlah nutrien yang bernilai seperti protein, asid lemak, vitamin, mineral dan komponen bioaktif yang lain dimana ianya diperlukan untuk kesihatan, dan juga diet yang seimbang (Cofrades *et al.*, 2017). Jadual 2.1 menunjukkan kandungan nutrien yang terdapat di bahagian dada ayam (daging mentah dan daging masak).

Jadual 2. 1: Kandungan nutrien daging ayam di bahagian dada

Nutrien	Dada ayam tanpa tulang (mentah)	Dada ayam tanpa tulang (dipanggang)
Kalori	114	165
Protein (g)	21.2	31
Jumlah lemak (g)	2.6	3.6
Kolesterol (mg)	64	85
Sodium (mg)	116	74
Besi (mg)	0.4	1

Sumber: USDA 2018

Pengguna lebih menggemari produk daging yang lebih sihat yang rendah lemak, garam, kolesterol, nitrat dan kalori secara amnya dan mengandungi komponen bioaktif tambahan yang mempromosikan kesihatan seperti karotenoid, asid lemak tak tepu, sterol dan serabut. Tambahan pula, pengguna menerima produk daging dengan rumusan yang berubah-ubah untuk merasa, melihat dan menghidu yang sama dengan formulasi tradisional. Pada masa yang sama, persaingan telah mendorong industri pemprosesan daging menggunakan bahan mentah yang mahal, sebagai contoh daging lebih efisien dan menghasilkan produk dengan kos yang lebih rendah (Weiss *et al.*, 2010).

Memandangkan daging merupakan salah satu makanan penting yang diperolehi oleh orang ramai, terdapat cara yang baik yang telah dibentuk iaitu pengambilan bahan berfungsi tanpa mengubah cara pemakanan (Cofrades *et al.*, 2008). Hal ini memberikan ruang kepada kemunculan makanan daging yang sihat dengan penggunaan bahan aktif seperti tumbuhan. Produk daging yang sihat telah dihasilkan menggunakan pelbagai bahan terutamanya tumbuhan asal seperti kacang soya, minyak bijirin, beras, gandum, lobak dan sebagainya untuk meningkatkan kandungan lemak, antioksidan, prebiotik dan serat makanan serta kaya dengan mineral (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2010; Olmedilla-Alonso *et al.*, 2013).

2.1.3 Sosej dan kategori sosej

Sosej adalah salah satu produk berasaskan daging barat yang popular di kalangan pengguna Malaysia. Sosej telah mendapat populariti di Malaysia selepas diperkenalkan pada tahun 1963 oleh restoran makanan segera A&W (Babji *et al.*, 1998). Sosej komersial yang dihasilkan dalam Malaysia, kebanyakannya dalam bentuk beku dan biasanya dibuat dari ayam, daging lembu atau ikan. Selain dimakan dalam kombinasi roti, sosej juga dimakan sebagai campuran dalam pelbagai jenis sup harian atau kuah. Sosej (frankfurter) juga dikenali sebagai salah satu makanan siap sedia item menu sarapan pagi di kalangan pelajar sekolah (Nurul Huda *et al.*, 2010).

Secara khasnya, sosej adalah produk daging olahan yang diproses daripada daging merah, ayam atau gabungannya dengan air, pengikat dan perasa. Sosej biasanya disumbat ke dalam selongsong dan boleh diawet, salai atau dimasak. FAO (1985) memandang sosej sebagai salah satu bentuk pemprosesan daging tertua di mana daging melalui pelbagai proses pengubahsuaian untuk mendapatkan organoleptik yang dikehendaki serta menjaga sifat-sifatnya (Essien, 2003).

Pemilihan daging untuk pengeluaran sosej amat penting dalam mencapai produk yang berkualiti. Kesemua formulasi untuk penghasilan sosej adalah berasaskan daging dan juga aditif yang digunakan dalam pembikinan sosej mestilah berasaskan berat bukannya peratus. Kualiti produk sentiasa mencerminkan status bahan mentah

RUJUKAN

- Abdolghafour, B. & Saghir, A. 2014. Development in sausage production and practices- A review. *Journal of Meat Science and Technology*, 2(3): 40–50.
- Abdurofi, I., Ismail, M.M., Kamal, H.A.W. & Gabdo, B.H. 2017. Economic analysis of broiler production in Peninsular Malaysia. *International Food Research Journal*, 24(2) : 761–766.
- Abu-Ghannam, N. & Cox, S. 2013 Seaweed-based Functional Foods. In *Bioactive Compounds from Marine Foods*, pp. 313–327. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Aburto, N.J., Hanson, S., Gutierrez, H., Hooper, L., Elliott, P. & Cappuccio, F.P. 2013. Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: systematic review and meta-analyses. *British Medical Journal*, 346: 1378–1378.
- Acevedo Correa, D., Margarita, P., Castillo, M. & Martelo, R. J. 2018. Effect of the Fat Substitution on the Rheological Properties of Fermented Meat Emulsions. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(13): 619–627.
- Acosta-Alba, I., Lopéz-Ridaura, S., van der Werf, H.M.G., Leterme, P. & Corson, M.S. 2012. Exploring sustainable farming scenarios at a regional scale: an application to dairy farms in Brittany. *Journal of Cleaner Production*, 28: 160–167.
- Adeyemi, K.D. & Olorunsanya, A.O. 2012. Effect of tomato (*Lycopersicon esculentum*) powder on oxidative stability and sensory characteristics of broiler meat. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(6): 6794-6805.
- Adam, Y.S.I. & Abugroun, H.A. 2015. Evaluation of traditional cooking methods on eating meat characteristics and chemical composition. *Journal of Agricultural and Veterinary Science*, 8(4): 12–17.



- Agregán, R., Munekata, P.E., Domínguez, R., Carballo, J., Franco, D., Lorenzo, J.M. & Paulo, S. 2017. Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil unde. *Food Research International*, 99: 986–994.
- Aguilera, J.M. 2005. Why food microstructure? *Journal of Food Engineering*, 67(1–2) : 3–11.
- Ahmad Fisal, Sulaiman, M.R., Saimon, W., Yee, C.F. & Matanjun, P. 2012. Proximate compositions and total phenolic contents of selected edible seaweed from Semporna, Sabah, Malaysia. *Borneo Science*, 31: 74–83.
- Ahn, J., Grun, I.U. & Fernando, L.N. 2002. Antioxidant Properties of Natural Plant Extracts Containing Polyphenolic Compounds in Cooked Ground Beef. *Journal of Food Science*, 67(4): 1364–1369.
- Akesowan, A. 2008. Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour. *African Journal of Biotechnology*, 7(24): 4586–4590.
- Akoh, C.C. & Min, D.B. 2002. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. United States of America: Food Science and Technology.
- Al-Azzawie, H.F. & Alhamdani, M.S.S. 2006. Hypoglycemic and antioxidant effect of oleuropein in alloxan-diabetic rabbits. *Life Sciences*, 78(12): 1371–1377.
- Alam, M.N., Bristi, N.J. & Rafiquzzaman, M. 2013. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2): 143–152.
- Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J.A. & Kuri, V. 2005. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo.

Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6(2): 247–255.

Amarowicz, R.R.B., Pegg, P., Rahimi-Moghaddam, B., Barl, J. & Weil, A. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, 84(4): 551-562.

Amic, D., Davidovic-Amic, D., Beslo, D. & Trinajstic, N. 2006. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*, 67(1): 55–61.

Aminah, A. 2000. *Prinsip Penilaian Sensori*. Shah Alam: Universiti Kebangsaan Malaysia.

Amna, N., Mohammad, A., Rozana, N. & Mohd, N. 2016. Functional food business potential analysis in Malaysia , Thailand , Indonesia and The Philippines. *Economic and Technology Management Review*, 11: 99–110.

Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr., R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A. & Waters, V. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Review*, 67: 188–205.

Anderson, J.W., Randles, K.M., Kendall, C.W.C. & Jenkins, D.J.A. 2004. Carbohydrate and Fiber Recommendations for Individuals with Diabetes: A Quantitative Assessment and Meta-Analysis of the Evidence. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(1): 5–17.

Andrés, S.C., García, M.E., Zaritzky, N.E. & Califano, A.N. 2006. Storage stability of low-fat chicken sausages. *Journal of Food Engineering*, 72(4): 311–319.

Anwar, F., Mehmood, T., Kalsoom, U., Sultana, B., Mushtaq, M. & Arshad, H.A. 2013. Effect of drying method and extraction solvent on the total phenolics and antioxidant activity of cauliflower (*Brassica oleracea* L.) extracts. *International Food Research Journal*, 20(2): 653–659.

- Association Of Analytical Chemists 2002*. Association of Analytical Chemists (AOAC).
- Arihara, K. 2006. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74(1): 219–229.
- Arts, I.C. W. & Hollman, P.C.H. 2005. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1): 317S-325S.
- Athukorala, Y., Kim, K.N. & Jeon, Y.J. 2006. Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, *Ecklonia cava*. *Food and Chemical Toxicology*, 44(7): 1065–1074.
- Ayadi, M.A., Kechaou, A., Makni, I. & Attia, H. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering*, 93(3): 278–283.
- Azlim Almey, A. A., Ahmed Jalal Khan, C., Syed Zahir, I., Mustapha Suleiman, K., Aisyah, M. R. & Kamarul Rahim, K. 2010. Total Phenolic content and primary antioxidant activity of methanolic and ethanolic extracts of aromatic plants' leaves. *International Food Research Journal*, 17: 1077-1084.
- Baba, S.A. & Malik, S.A. 2015. Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *Journal of Taibah University for Science*, 9(4): 449–454.
- Babji, A.S., Chin, S.Y., Seri Chempaka, M.Y. & Alina, A.R. 1998. Quality of mechanically deboned chicken meat frankfurter incorporated with chicken skin. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 49(5): 319–326.
- Backers, T. & Noll, B. 1998. Dietary fibres move into meat processing. *Fleischwirtschaft*, 4(78): 316-344.

- Barbut, S. 2012. Convenience breaded poultry meat products – New developments. *Trends in Food Science & Technology*, 26(1): 14–20.
- Barbut, S. 2015. *Fat binding and emulsification*. Canada: University of Guelph.
- Barku, V.Y.A., Opoku-Boahen, Y., Owusu-Ansah, E., & Mensah, E.F. 2013. Antioxidant activity and the estimation of total phenolic and flavonoid contents of the root extract of *Amaranthus spinosus*. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 3(1): 69–74.
- Barretto, A.C. da S., Pacheco, M.T.B. & Pollonio, M.A. R. 2015. Effect of the addition of wheat fiber and partial pork back fat on the chemical composition, texture and sensory property of low-fat bologna sausage containing inulin and oat fiber. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1): 100–107.
- Bauer, A.K., Dwyer-Nield, L.D., Hankin, J.A., Murphy, R.C. & Malkinson, A.M. 2001. The lung tumor promoter, butylated hydroxytoluene (BHT), causes chronic inflammation in promotion-sensitive BALB/cByJ mice but not in promotion-resistant CXB4 mice. *Toxicology*, 169(1): 1–15.
- Bazes, A., Silkina, A., Douzenel, P., Faÿ, F., Kervarec, N., Morin, D. & Bourgoignon, N. 2009. Investigation of the antifouling constituents from the brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Journal of Applied Phycology*, 21(4): 395–403.
- Beuninger, W.F., Piyachomkwan, K. & Sriroth, K. 2009. Tapioca/Cassava starch: production and use. In B. J & R. Whistler (Eds.) pp. 876. Amsterdam: Elsevier/Academic.
- Biswas, A.K., Kumar, V., Bhosle, S., Sahoo, J., Chatli, M.K. & Akoh, C.C. 2010. Dietary fibers as functional ingredients in meat products and their role in human health. *International Journal of Livestock Production*, 2(4): 45–54.

- Bixler, H.J. & Porse, H. 2011. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 321–335.
- Blunt, J.W., Copp, B.R., Hu, W-P., Munro, M.H.G., Northcote, P.T. & Prinsep, M.R. 2007. Marine natural products. *Natural Product Reports*, 24(1): 31-40.
- Bocanegra, A., Bastida, S., Benedí, J., Ródenas, S. & Sánchez-Muniz, F.J. 2009. Characteristics and Nutritional and Cardiovascular-Health Properties of Seaweeds. *Journal of Medicinal Food*, 12(2): 236–258.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1985. *Introduction to the Algae: Structure and Reproduction*. 2nd ed. New Jersey:Prentice-Hall Inc.
- Bolton, J.L., Trush, M.A., Penning, T.M., Dryhurst, G. & Monks, T.J. 2000. Role of Quinones in Toxicology. *Chemical Research in Toxicology*, 13(3): 135–160.
- Bourne, M.C. 2002. *Food Texture and Viscosity*. Academic Press.
- Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agriculture and Food Chemistry*, 2(4): 498–503.
- Campo-Deano, L.C., Tovar, C.A., Pombo, M.J., Solas, M.T. & Borderias, A.J. 2009. Rheological study of giant squid surimi (*Dosicus gigas*) made by two methods with different cryoprotectants added. *Journal of Food Engineering* 94: 26-33.
- Carballo, J., Mota, N., Barreto, G. & Colmenero, F.J. 1995. Binding properties and colour of Bologna sausage made with varying fat levels, protein levels and cooking temperatures. *Meat Science*, 41(3): 301–313.
- Cegiełka, A., Gniewosz, M., Hać-Szymańczuk, E. & Chlebowska-Śmigiel, A. 2017. Effect of the addition of pullulan on the quality of low-fat homogenized scalded sausages. *CYTA - Journal of Food*, 15(1): 147–154.

- Cerutti, A.K., Bagliani, M., Beccaro, G.L., Gioelli, F., Balsari, P. & Bounous, G. 2011. Evaluation of the sustainability of swine manure fertilization in orchard through Ecological Footprint Analysis: results from a case study in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 19(4): 318–324.
- Ch'ng, S.E., Ng, M.D., Pindi, W., Kang, O.L., Abdullah, A. & Babji, A.S. 2014. Chicken sausages formulated with gelatin from different sources: a comparison of sensory acceptability and storage stability. *World Applied Sciences Journal*, 31(12): 2062–2067.
- Chaiyasit, W., Elias, R.J., McClements, D.J. & Decker, E.A. 2007. Role of Physical Structures in Bulk Oils on Lipid Oxidation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3): 299–317.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S. and Yong, M. Y. 2008. Effect of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113: 166–172.
- Cheng, J.H. 2016. Lipid oxidation in meat. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(3): 12-14.
- Chen, S-T., Chen, J-R., Yang, C-S., Peng, S-J. & Ferng, S-H. 2006. Effect of soya protein on serum lipid profile and lipoprotein concentrations in patients undergoing hypercholesterolaemic haemodialysis. *The British Journal of Nutrition*, 95(2): 366–371.
- Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M. & Khoo, K.S. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. *LWT - Food Science and Technology*, 41(6): 1067–1072.

- Chinnadurai, S. 2013. Estimation of major pigment content in seaweeds collected from Pondicherry coast. *International Journal of Science and Technology*, 9(1): 522–525.
- Choi, Y., Choi, J., Han, D., Kim, H., Lee, M. & Lee, E. 2008. Effects of rice bran fiber on quality of low-fat tteokgalbi. *Food Science and Biotechnology*, 17(5): 959–964.
- Choi, Y.-S., Kum, J., Jeon, K., Park, J., Choi, H., Hwang, K-E. & Kim, C-J. 2015. Effects of Edible Seaweed on Physicochemical and Sensory Characteristics of Reduced-salt Frankfurters. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(6): 748–756.
- Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Kim, H.W., Lee, M.A. & Kim, C.J. 2012. Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat Science*, 91(1): 1–7.
- Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A. & Kim, H.W. 2010. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*, 84(1): 212–218.
- Choi, Y.S., Jeong, T.J., Hwang, K.E., Song, D.H., Ham, Y.K., Kim, H.W. & Kim, C.J. 2016. Combined effects of *Laminaria japonica* and transglutaminase on physicochemical and sensory characteristics of semi-dried chicken sausages. *Poultry Science*, 95: 1943–1949.
- Choi, Y.S., Kim, H.W., Song, D.H., Choi, J.H., Park, J., Kim, M.Y. & Kim, C.J. 2011. Quality characteristics and sensory properties of reduced-fat emulsion sausages with brown rice fiber. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 31(4): 521–529.



- Cox, S. & Abu-Ghannam, N. 2013. Enhancement of the phytochemical and fibre content of beef patties with *Himanthalia elongata* seaweed. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(11): 2239–2249.
- Dawczynski, C., Schubert, R. & Jahreis, G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103(3): 891–899.
- Decker, E.A. & Park, Y. 2010. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 86(1): 49–55.
- DeVries, J.W., Camire, M.E., Cho, S., Craig, S., Gordon, D., Jones, J.M. & Tunland, B.C. 2001. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46: 112-129.
- Dileep, A.O., Shamasundar, B.A., Binsi, P.K., Badii, F. & Howell, N.K. 2006. Effect of Ice Storage on the Physicochemical and Dynamic Viscoelastic Properties of Ribbonfish (*Trichiurus* spp) Meat. *Journal of Food Science*, 70(9): 537–545.
- Diplock, A.T., Charleux, J.L., Crozier-Willi, G., Kok, F.J., Rice-Evans, C., Roberfroid, M., Stahl, W. & Vina-Ribes, J. 1998. Functional food science and defense against reactive oxidative species. *Brazilian Journal of Nutrition*, 80: 77–112.
- Duan, X.J., Zhang, W.W, Li, X.M. and Wang, B.G. 2006. Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, *Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry*, 95: 37–43.
- Durling, N.E., Catchpole, O.J., Grey, J.B., Webby, R.F., Mitchell, K.A., Food, L.Y. & Perry, N.B. 2007. Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixtures. *Food Chemistry*, 101: 1417-1424.



- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2): 411–421.
- Essien, E. 2003. *Sausage Manufacture: Principles and Practice*. North America: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
- Estévez, M. 2015. Oxidative damage to poultry: From farm to fork. *Poultry Science*, 94(6): 1368–1378.
- Food and Agriculture Organization Report 2014*. Food and Agriculture Organization (FAO/STAT). 2014.
- Farag, R.S., El-Baroty, G.S. & Basuny, A.M. 2003. The influence of phenolic extracts obtained from the olive plant (cvs. Picual and Kronakii), on the stability of sunflower oil. *International Journal of Food Science & Technology*, 38: 81–87.
- Farasat, M., Khavari-Nejad, R.A., Nabavi, S.M.B. & Namjooyan, F. 2014. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from northern coasts of the Persian gulf. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1): 163–170.
- Fayaz, M., Namitha, K.K., Murthy, K.N.C, Swamy, M.M., Sarada, R. & Khannam, S. 2005. Chemical Composition, Iron Bioavailability, and Antioxidant Activity of *Kappaphycus alvarezzi* (Doty). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3): 792-797.
- Felisberto, M.H.F., Galvão, M.T.E.L., Picone, C.S.F., Cunha, R.L. & Pollonio, M.A.R. 2015. Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1): 148–155.



- Ferris, J.J., Sandoval, A.J., Barreiro, J.A., Sanchez, J.J., Muller, A.J. 2009. Gelation kinetics of an imitation-mortadella emulsion during heat treatment determined by oscillatory rheometry. *Journal of Food Engineering* 95: 677–683.
- Fernandez-Gines, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E. & Perez-Alvarez, J.A. 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*, 67(1): 7–13.
- Fernández-Martín, F., López-López, I., Cofrades, S. & Colmenero, F.J. 2009. Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat Science*, 83(2): 209–217.
- Fernández-Sáa, C. 2002. *Algas de Galicia. Alimento y Salud*. 2nd ed. Algamar: Pontevedra.
- Frankel, E.N. 2005. *Lipid oxidation*. Bridgwater, UK: The Oily Press.
- Fuentes, V., Estévez, M., Ventanas, J. & Ventanas, S. 2014. Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food Chemistry*. 147: 70–77.
- Fukushima, H., Okazaki, E., Fukuda, Y. & Watabe, S. 2007. Rheological properties of selected fish paste at selected temperature pertaining to shaping of surimi-based products. *Journal of Food Engineering*, 81(2): 492–499.
- Fulladosa, E., Serra, X., Gou, P. & Arnau, J. 2009. Effects of potassium lactate and high pressure on transglutaminase restructured dry-cured hams with reduced salt content. *Meat Science*, 82(2): 213–218.



- Ganesan, P., Kumar, C.S. & Bhaskar, N. 2008. Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds. *Bioresource Technology*, 99(8): 2717–2723.
- Gao, X., Kang, Z., Zhang, W., Li, Y. & Zhou, G. 2015. Combination of κ -Carrageenan and Soy Protein Isolate Effects on Functional Properties of Chopped Low-Fat Pork Batters During Heat-Induced Gelation. *Food and Bioprocess Technology*, 8(7): 1524–1531.
- García-García, E.& Totosaus, A. 2008. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ -carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science*, 78(4): 406–413.
- Gheisari, H.R. 2011. Correlation between acid, TBA, peroxides and iodine values, catalase and glutathione peroxidase activities of chicken, cattle and camel meat during refrigerated storage. *Veterinary World*, 4(4): 153-157.
- Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A. & Rupérez, P. 2010. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International*, 43(9): 2289–2294.
- Gu, X., Sun, Y., Tu, K., & Pan, L. 2017. Evaluation of lipid oxidation of Chinese-style sausage during processing and storage based on electronic nose. *Meat Science*, 133(1): 1–9.
- Gupta, S., Cox, S.& Abu-Ghannam, N. 2011. Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed. *LWT - Food Science and Technology*, 44(5): 1266–1272.
- Hassan, A.N., Frank, J.F. & Elsoda, M. 2003. Observation of bacterial exopolysaccharide in dairy products using cryo-scanning electron microscopy. *International Dairy Journal*, 13(9): 755–762.



- Holdt, S.L. & Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 543-597.
- Hong, I.K., Jeon, H. & Lee, S.B. 2014. Comparison of red, brown and green seaweeds on enzymatic saccharification process. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(5): 2687–2691.
- Hossain, M.I., Morioka, K., Shikha, F.H. & Itoh, Y. 2011. Effect of preheating temperature on the microstructure of walleye pollack surimi gels under the inhibition of the polymerisation and degradation of myosin heavy chain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(2): 247–252.
- Hseu, Z-Y. 2004. Evaluating heavy metal contents in nine composts using four digestion methods. *Bioresource Technology*, 95(1): 53-59.
- Hu, F.B., Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Ascheiro, A., Spiegelman, D. & Willet, W.C. 2000. Prospective study of major dietary patterns and risk of coronary heart disease in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72: 912–921.
- Huang, H.L. & Wang, B.G. 2004. Antioxidant capacity and lipophilic content of seaweeds collected from the Qingdao coastline. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16): 4993–4997.
- Hurtado, A.Q., Montañó, M.N.E. & Martinez-Goss, M.R. 2013. Commercial production of carrageenophytes in the Philippines: Ensuring long-term sustainability for the industry. *Journal of Applied Phycology*, 25(3): 733–742.
- Hwang, K.E., Kim, H.W., Song, D.H., Kim, Y.J., Ham, Y.K., Choi, Y. S. & Kim, C.J. 2014. Enhanced antioxidant activity of mugwort herb and vitamin C in combination on shelf-life of chicken nuggets. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(5): 582–590.

- Hyun, D.H., Hernandez, J.O., Mattson, M.P. & de Cabo, R. 2006. The plasma membrane redox system in aging. *Ageing Research Reviews*, 5(2): 209–220.
- Ilyasoğlu, H. 2014. Characterization of rosehip (*Rosa canina* L.) seed and seed oil. *International Journal of Food Properties*, 17(7): 1591–1598.
- Inguglia, E.S., Zhang, Z., Tiwari, B.K., Kerry, J.P. & Burgess, C.M. 2017. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 59: 70–78.
- Jalal, A.A. 2017. Perniagaan bidang keberhasilan: Industri ayam pedaging. *Maktab Koperasi Malaysia*, 34–43.
- Jamaludin, A.A. 2013. Broiler industry in Peninsular Malaysia. In *Proceeding of WPSA and WVPA Scientific Conference*. Selangor: Faculty of Veterinary UPM.
- Japar Sidik, B., Muta Harah, Z. & Kawaguchi, S. 2012. Historical review of seagrass research in Malaysia before 2001. *Coastal Marine Science*, 35(1): 157–168.
- Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T. & Solas, M.T. 2010. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*, 84(3): 356–363.
- Jiménez-Escrig, A., Gómez-Ordóñez, E. & Rupérez, P. 2012. Brown and red seaweeds as potential sources of antioxidant nutraceuticals. *Journal of Applied Phycology*, 24(5): 1123–1132.
- Jusof Khadidi, M.H. & Hamid, E.A. 2015. Physicochemical, Sensory and Cooking Properties of Low Fat Beef Burgers with Addition of Fruit Byproducts and Canola Oil. *Paper presented at the 5th International Conference on Environment, Energy and Biotechnology*. Singapore.

- Hwang J.K., Hong S.I., Kim J.T., Choi M.J. & Kim Y.J. 1998. Quality changes of meat patties by the addition of sea mustard paste. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 27: 477–481.
- Kadim, I.T., Mahgoud, O., Faye, B. & Farouk, M.M. 2013. *Camel Meat and Meat Products*. United Kingdom: CAB International.
- Kandale, A., Meena, A.K., Rao, M.M., Panda, P., Reddy, A.K.M.G. & Babu, R. 2011. Marine algae: An Introduction , Food value and Medicinal uses, 4(1): 219–221.
- Karpińska-Tymoszczyk, M. 2013. The effect of oil-soluble rosemary extract, sodium erythorbate, their mixture, and packaging method on the quality of Turkey meatballs. *Journal of Food Science and Technology*, 50(3): 443–454.
- Kaur, B. & Arshad, F.M. 2008. The Broiler Chicken Industry in Malaysia: Some Evidences on the Structure, Conduct and Performance. *Journal of Agribusiness Marketing*, 1: 37–62.
- Khotimchenko, S.V., Vaskovsky, V.E. & Titlyanova, T.V. 2002. Fatty acids of marine algae from the pacific coast of North California. *Botanica Marina*, 45(1): 17–22.
- Kim, H.W., Choi, J.H., Choi, Y., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A. & Kim, C.J. 2010. Effects of Sea Tangle (*Lamina japonica*) Powder on Quality Characteristics of Breakfast Sausages. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 30(1): 55–61.
- Kim, H.J. & Paik, H-D. 2012. Functionality and Application of Dietary Fiber in Meat Products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32(6): 695–705.
- Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Kim, Y.J., Ham, Y.K., Yeo, I.J. & Kim, C.J. 2014. Effects of red and green glassworts (*salicornia herbacea* L.) on physicochemical and textural properties of reduced-salt cooked sausages. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(3): 378–386.

- Kim, S-K. 2012. *Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology*. 1st ed. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Kinnula, V.L. & Crapo, J.D. 2004. Superoxide dismutases in malignant cells and human tumors. *Free Radical Biology and Medicine*, 36(6): 718–744.
- Kolb, N., Vallorani, L., Milanović, N. & Stocchi, V. 2004. Evaluation of Marine Algae Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria digitata japonica*) as Food Supplements. *Food Technology and Biotechnology*, 42(1): 57–61.
- Koltover, V.K. 2010. Antioxidant biomedicine: From free radical chemistry to systems biology mechanisms. *Russian Chemical Bulletin*, 59(1): 37–42.
- Kumar, K.S., Ganesan, K. & Rao, P.V.S. 2008. Antioxidant potential of solvent extracts of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty - An edible seaweed. *Food Chemistry*, 107(1): 289–295.
- Kumar, Y., Tyagi, S.K., Vishwakarma, R.K. & Kalia, A. 2017. Textural, microstructural, and dynamic rheological properties of low-fat meat emulsion containing aloe gel as potential fat replacer. *International Journal of Food Properties*, 20: 1132–1144.
- Kumar, S.K., Ganesan, K., Selvaraj, K. & Subba Rao, P.V. 2014. Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty - An edible seaweed. *Food Chemistry*, 153: 353–360.
- Kunwar, A. & Priyadarsini, K. 2011. Free radicals, oxidative stress and importance of antioxidants in human health. *Journal of Medical and Allied Sciences*, 1(2): 53–60.
- Lanier, T.C., Carvajal, P. & Yongsawatdigul, J. 2005. Surimi gelation chemistry. In J.W. Park, (ed.). *Surimi and surimi seafood*, pp. 435–489. Boca Raton: Tylor & Francis Group.

- Lau, T.C., Chan, M.W., Tan, H.P. & Kwek, C.L. 2012. Functional Food: A Growing Trend among the Health Conscious. *Asian Social Science*, 9(1): 198–208.
- Lee, H.J., Choi, Y.J., Choi, Y. & Lee, J.J. 2014. Effects of lemon balm on the oxidative stability and the quality properties of hamburger patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(4): 533–542.
- Lindsey, T.C. 2011. Sustainable principles: Common values for achieving sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 19(5): 561–565.
- Liu, W. & Lanier, T.C. 2015. Combined use of variable pressure scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy best reveal microstructure of comminuted meat gels. *LWT - Food Science and Technology*, 62(2): 1027–1033.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. & Chandra, N. 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8): 118.
- López-López, I., Bastida, S., Ruiz-Capillas, C., Bravo, L., Larrea, M.T., Sánchez-Muniz, F. & Jiménez-Colmenero, F. 2009. Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science*, 83(3): 492–498.
- López-López, I., Cofrades, S., Yakan, A., Solas, M. T. & Jiménez-Colmenero, F. 2010. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. *Food Research International*, 43(5): 1244–1254.
- Lorenzo, J.M., Bedia, M. & Bañón, S. 2013. Relationship between flavour deterioration and the volatile compound profile of semi-ripened sausage. *Meat Science*, 93(3): 614–620.

- Lyons, P.H., Kerry, J.F., Morrissey, P.A. & Buckley, D.J. 1999. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. *Meat Science*, 51: 43–52.
- Madsen, H.L. 1995. Spices as antioxidants. *Trends in Food Science and Technology*, 6: 271–277.
- Majid, R. & Hassan, S. 2014. Performance of Broiler Contract Farmers: A Case Study in Perak, Malaysia. *Paper presented at the International Agribusiness Marketing Conference*. Kuala Lumpur, Selangor, Malaysia, 22-23 October.
- Manach, C. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79: 727–747.
- Marimuthu, J., Essakimuthu, P., Narayanan, J., Anantham, B., Tharmaraj, R.J.J.M. & Arumugam, S. 2012. Phytochemical characterization of brown seaweed *Sargassum wightii*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2: 109–113.
- Mariutti, L.R.B. & Bragagnolo, N. 2017. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 94: 90–100.
- Mary, A., Mary, V., Lorella, A. & Matias, J.R. 2009. Rediscovery of naturally occurring seagrass *Caulerpa lentillifera* from the Gulf of Mannar and its mariculture. *Current Science*, 10: 1418-1420.
- Matanjun, P., Mohamed, S., Muhammad, K. & Mustapha, N.M. 2010. Comparison of Cardiovascular Protective Effects of Tropical Seaweeds, *Kappaphycus alvarezii*, *Caulerpa lentillifera*, and *Sargassum polycystum*, on High-Cholesterol/High-Fat Diet in Rats. *Journal of Medicinal Food*, 13(4): 792–800.

- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. & Muhammad, K. 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Euचेuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology*, 21(1): 75–80.
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M., Muhammad, K., & Ming, C.H. 2008. Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo. *Journal of Applied Phycology*, 20(4): 367–373.
- McDonnell, C.K., Allen, P., Duggan, E., Arimi, J.M., Casey, E., Duane, G. & Lyng, J.G. 2013. The effect of salt and fibre direction on water dynamics, distribution and mobility in pork muscle: A low field NMR study. *Meat Science*, 95(1): 51–58.
- McHugh, D.J. 2003. *A Guide to the Seaweed Industry*. Rome:FAO Fisheries Technical Paper.
- Mei Ling, A.L., Md. Yasir, S., Matanjun, P. & Abu Bakar, M.F. 2013. Antioxidant activity , Total Phenolic and Flavonoid Contents of Selected Commercial Seaweeds of Sabah, Malaysia. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research (IJPPR)*, 3: 234–238.
- Melrose, J., Perroy, R. & Careas, S. 2015. *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis*. Boca Raton: CRC Press.
- Mendis, E. & Kim, S.K. 2011. Present and Future Prospects of Seaweeds in Developing Functional Foods. *Advances in Food and Nutrition Research*. 64: 1-15.
- Mendoza, E., García, M.L., Casas, C. & Selgas, M.D. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science*, 57(4): 387–393.
- Mezger, T. G. 2002. *The rheology handbook: for users of rotational and oscillatory rheometers*. (I. U. Zorll, Ed.). Germany: Hannover.

- Minh, C. Van, Kiem, P. Van, & Dang, N.H. 2005. Marine natural products and their potential. *ASEAN Journal for Science and Technology Development*, 22(4): 297–311.
- Mishra, V.K., Temelli, F., Ooraikul, B., Shacklock, P.F. & Craigie, J.S. 1993. Lipids of the Red Alga, *Palmaria palmata*. *Botanica Marina*, 36(2): 169–174.
- Mohamad, R., Ahmad, M.F. & Datu, L. 2011. Pengenalan kepada penternakan rumput laut di Sabah, 6: 59–65.
- Mohamad, R., & Noh, N.F. 2014. Ekonomi penternakan rumput laut di Sabah. *Economic and Technology Management Review*, 9: 11–17.
- Mohd Rosni, S., Fisal, A., Azwan, A., Chye, F.Y. & Matanjun, P. 2015. Crude proteins, total soluble proteins, total phenolic contents and SDS-PAGE profile of fifteen varieties of seaweed from Semporna, Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal*, 22(4): 1483–1493.
- Moon, S.S., Jo, C., Ahn, D.U., Kang, S.N., Kim, Y.T., & Kim, I.S. 2012. Meat Products Manufactured with Olive Oil. *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, 421–436.
- Moroney, N.C., O’Grady, M.N., O’Doherty, J.V. & Kerry, J.P. 2013. Effect of a brown seaweed (*Laminaria digitata*) extract containing laminarin and fucoidan on the quality and shelf-life of fresh and cooked minced pork patties. *Meat Science*, 94(3): 304–311.
- Naik, G.H., Priyadarshini, K.I., Satav, J.G., Banavalikar, M.M. & Sohani, D.P. 2003. Comparative antioxidant activity of individual herbal components used in Ayurvedic medicine. *Phyto Chem.* 63: 104 - 109.

- National Coordinating Committee on Food and Nutrition Report 2017*. National Coordinating Committee on Food and Nutrition (NCCFN). 2017.
- Nguyen, V.T., Ueng, J.P. & Tsai, G.J. 2011. Proximate Composition, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Seagrape (*Caulerpa lentillifera*). *Journal of Food Science*, 76(7): 950–958.
- Nimse, S.B. & Pal, D. 2015. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *The Royal Society of Chemistry*, 5: 27986–28006.
- Nishinari, K., Kohyama, K, Kumagai, H., Funami, T. & Bourne, B. c. 2013. Parameters of Texture Profile Analysis. *Food Science and Technology Research*, 19(3): 519–521.
- Nisizawa, K. 2006. Seaweeds Kaisei Bountiful Harvest from the Sea. In D. Critchley, A. T. Ohno, M. Largo (ed.), *Seaweed Resources of the World*. Yokosuka: Japan International Cooperation Agency.
- Norra, I., Aminah, A. & Suri, R. 2016. Effects of drying methods, solvent extraction and particle size of Malaysian brown seaweed, *Sargassum* sp. on the total phenolic and free radical scavenging activity. *International Food Research Journal*, 23(4): 1558–1563.
- Norziah, M.H. & Ching, C.Y. 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*, 68(1): 69–76.
- Nurul Huda, Wei, L.H., Jean, A.T.L. & Ismail, I. 2010. Physicochemical Properties of Malaysian Commercial Chicken Sausages. *International Journal of Poultry Science*, 9(10): 954–958.

- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F. & Sánchez-Muniz, F.J. 2013. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 95(4): 919–930.
- Parejo, I., Codina, C., Petrakis, C. & Kefalas, P. 2000. Evaluation of scavenging activity assessed by Co(II)/EDTA-induced luminol chemiluminescence and DPPH[•] (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical assay. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 44(3): 507–512.
- Paul, N.A., Neveux, N., Magnusson, M. & de Nys, R. 2013. Comparative production and nutritional value of “sea grapes” — the tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *C. racemosa*. *Journal of Applied Phycology*, 26(4): 1833–1844.
- Peinado, I., Girón, J., Koutsidis, G. & Ames, J.M. 2014. Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. *Food Research International*, 66: 36–44.
- Phang, S.M. 2010. Potential products from tropical algae and seaweeds, especially with reference to Malaysia. *Malaysian Journal of Science*, 29(2): 160–166.
- Pietrasik, Z. 1999. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. *Meat Science*, 51: 17–25.
- Pindi, W., Mah, H.W., Munsu, E. & Noorakmar, A.W. 2017. Effects of addition of *Kappaphycus alvarezii* on physicochemical properties and lipid oxidation of mechanically deboned chicken meat (MDCM) sausages. *British Food Journal*, 119(10): 2229–2239.
- Piñero, M.P., Parra, K., Huerta-Leidenz, N., Arenas de Moreno, L., Ferrer, M., Araujo, S., & Barboza, Y. 2008. Effect of oat’s soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties.



Meat Science, 80(3): 675–680.

Portal Rasmi Jabatan Perikanan Malaysia. (t.th). Dipetik dari <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/2422> pada 20 September 2018.

Prior, R.L., Wu, X. & Schaich, K. 2005. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10): 4290–4302.

Rajasulochana, P., Dhamotharan, R. & Krishnamoorthy, P. 2009. Primary Phytochemical Analysis Of Kappaphycus Sp. *Journal of American Science*, 5(2): 91-96.

Ramírez, J.A., Velazquez, G., Echevarría, G.L. & Torres, J.A. 2007. Effect of adding insoluble solids from surimi wash water on the functional and mechanical properties of pacific whiting grade A surimi. *Bioresource Technology*, 98(11): 2148–2153.

Ratana-Arporn, P. & Chirapart, A. 2006. Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. *Journal of Natural Sciences*, 40: 75-83.

Reitznerová, A., Uleková, M., Nagy, J., Marcinčák, S., Semjon, B., Čertík, M. & Klemková, T. 2017. Lipid peroxidation process in meat and meat products: A comparison study of malondialdehyde determination between modified 2-thiobarbituric acid spectrophotometric method and reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Molecules*, 22(11).

Rhim, J.W., Xi, Y., Jeong, W.C., Ham, K.S., Chung, H.S. & Kim, E.S. 2009. Effect of drying methods on antioxidant activity of Jiwhang (*Rehmannia glutinosa*). *Food Science and Biotechnology*, 18: 1464–1469.

- Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F.J., Saljoughian, S., Amid, M. & Greiner, R. 2017. Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. *Food Research International*, 99: 1066–1083.
- Rooke, J.A., Flockhart, J.F. & Sparks, N.H. 2010. The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs. *The Journal of Agricultural Science*, 148: 603–614.
- Rupérez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, 79(1): 23–26.
- Sade, A., Ali, I. & Mohd Ariff, M.R. 2006. the Seaweed Industry in Sabah, East Malaysia. *Jati*, 11: 97–107.
- Sánchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., López-Hernández, J. & Paseiro-Losada, P. 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*, 85(3): 439–444.
- Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C.M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E. & Pérez-Alvarez, J.A. 2010. Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, 85(1): 70–76.
- Sas, K., Robotka, H., Toldi, J. & Vécsei, L. 2007. Mitochondria, metabolic disturbances, oxidative stress and the kynurenine system, with focus on neurodegenerative disorders. *Journal of the Neurological Sciences*, 257(1–2): 221–239.
- Savadkoohi, S., Shamsi, K., Hoogenkamp, H., Javadi, A. & Farahnaky, A. 2013. Mechanical and gelling properties of comminuted sausages containing chicken MDM. *Journal of Food Engineering*, 117(3): 255–262.

- Sayago-Ayerdi, S.G., Brenes, A. & Goni, I. 2009. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. *Lwt-Food Science and Technology*, 42(5): 971–976.
- Schmiele, M., Nucci Mascarenhas, M. C. C., da Silva Barretto, A. C., & Rodrigues Pollonio, M. A. 2015. Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1): 105–111.
- Scientific Advisory Committee on Nutrition. 2015. *Carbohydrates and Health*. TSO The Stationary Office. Ireland: TSO (The Stationery Office).
- Sen, C.K. 1995. Oxygen toxicity and antioxidants: *Indian journal of physiology and pharmacology*, 39(3): 177–196.
- Seol, K.H., Lim, D.G., Jang, A., Jo, C. & Lee, M. 2009. Antimicrobial effect of κ-carrageenan-based edible film containing ovotransferrin in fresh chicken breast stored at 5 °C. *Meat Science*, 83(3): 479–483.
- Shahidi, F. & Zhong, Y. 2010. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11): 4067–4079.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18: 757–781.
- Shahidi, F., Janitha, P.K. & Wanasundara, P.D. 1992. Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32: 67-103.
- Shalaby, E.A., & Shanab, S.M.M. 2013. Antioxidant compounds, assays of determination and mode of action. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 7(10): 528–539.



- Sheng, T.Y., Shamsudin, M.N., Mohamed, Z., Abdullah, A.M., & Radam, A. 2010. Demand Analysis of Meat in Malaysia. *Journal of Food Products Marketing*, 16(2): 199–211.
- Sherwin E.R. 1990. Antioxidants. *In* A. L. Branen, P. M. Davidson, S. Salminen (ed.). *Food Additives*, pp 139-193. New York: Marcel Decker.
- Shimokomaki, M., Ida, E.I., Kato, T., Pedrão, M.R., Coró, F.A.G. & Hernández-Blazquez, F.J. 2012. Meat and meat products microstructure and their eating quality. *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*, 486–495.
- Siddique, M.A.M. 2013. Proximate chemical composition and amino acid profile of two red seaweeds (*Hypnea pannosa* and *Hypnea musciformis*) collected from st. Martin's island, Bangladesh. *Journal of Fisheries Sciences*, 7(2): 178–186.
- Singh, N. & Rajini, P. S. 2004. Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel. *Food Chemistry*, 85(4): 611–616.
- Singh, U. & Jialal, I. 2006. Oxidative stress and atherosclerosis. *Pathophysiology*, 13(3): 129–142.
- Smith, M.A., Rottkamp, C.A., Nunomura, A., Raina, A.K. & Perry, G. 2000. Oxidative stress in Alzheimer's disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1502(1): 139–144.
- Souza, H.A.L. & Bragagnolo, N. 2014. New Method for the Extraction of Volatile Lipid Oxidation Products from Shrimp by Headspace–Solid-Phase Microextraction–Gas Chromatography–Mass Spectrometry and Evaluation of the Effect of Salting and Drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(3): 590–599.

- Sreelatha, S. & Padma, P.R. 2009. Antioxidant activity and total polyphenol content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Food Human Nutrition*, 64: 303-311.
- Stevenson, C.D., Liu, W. & Lanier, T.C. 2012. Rapid Heating of Alaska Pollock and Chicken Breast Myofibrillar Protein Gels as Affecting Water-Holding Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(40): 10111–10117.
- Stokes, D.J. 2008. Chapter3-General Principles of VP-ESEM: Utilising a Gas. *Principles and Practice of Variable Pressure/Environmental Scanning Electron Microscopy (VP-ESEM)*.
- Sun, W., Zhao, H., Zhao, Q., Zhao, M., Yang, B., Wu, N. & Qian, Y. 2009. Structural characteristics of peptides extracted from Cantonese sausage during drying and their antioxidant activities. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4): 558–563.
- Syahirah Samsuddin, N., Hamzah Sharaai, A., & Mansor Ismail, M. 2015. Advances in Environmental Biology Sustainability of Chicken Meat Production in achieving Food Security in Malaysia. *Advances in Environmental Biology Environmental*, 9(923): 1–6.
- Szydłowska-Czerniak, A., Tułodziecka, A. & Szlyk, E. 2012. Determination of Antioxidant Capacity of Unprocessed and Processed Food Products by Spectrophotometric Methods. *Food Analytical Methods*, 5(4): 807–813.
- Tabilo-Munizaga, G. & Barbosa-Cánovas, G.V. 2005. Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 67(1–2): 147–156.
- Tang, S., Kerry, J., Sheehan, D., Buckley, D. & Morrissey, P. 2001. Antioxidative effect of dietary tea catechins on lipid oxidation of long-term frozen stored chicken meat. *Meat Science*, 57(3): 331–336.



- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C. & Harrington, C.M. 1997. Bourgeois Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*, 8 (2): 41-48.
- Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70: 493–508.
- Tungland, B.C. & Meyer, D. 2002. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1(3): 90–109.
- Upston, J.M., Kritharides, L. & Stocker, R. 2003. The role of vitamin E in atherosclerosis. *Progress in Lipid Research*, 42(5): 405–422.
- Venugopal, V. 2011. Seaweed, microalgae, and their polysaccharides: Food applications. In *Marine Polysaccharides. Food Applications*, pp. 191-236. Boca Raton: CRC Press.
- Verma, A.K. & Banerjee, R. 2010. Dietary fibre as functional ingredient in meat products: A novel approach for healthy living - A review. *Journal of Food Science and Technology*, 47: 247-257.
- Wada, K., Kinjo, A., Uehara M. & Takara K. 2002. Antioxidant activities of mangrove trees. *Japan Science and Technology*. 189–192.
- Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., & Salminen, H. 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, 86(1): 196–213.
- Wijesinghe, W.A.J.P. & Jeon, Y.J. 2012. Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review. *Carbohydrate Polymers*, 1: 13-20.

- Williamson, C.S., Foster, R.K. & Stanner, S.A. 2005. Redmeat in the diet. British Nutrition Foundation. *Nutrition Bulletin*, 30: 323–355.
- Wong, K.H.& Cheung, P.C. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds: proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, 71(4): 475–482.
- Xiong, Z., Sun, D.W., Pu, H., Zhu, Z. & Luo, M. 2015. Combination of spectra and texture data of hyperspectral imaging for differentiating between free-range and broiler chicken meats. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2): 649–655.
- Xiren, G.K. & Aminah, A. 2017. Proximate composition and total amino acid composition of *Kappaphycus alvarezii* found in the waters of Langkawi and Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal*, 24(3): 1255–1260.
- Yadav, S., Pathera, A.K., Islam, R.U., Malik, A.K. & Sharma, D.P. 2018. Effect of wheat bran and dried carrot pomace addition on quality characteristics of chicken sausage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(5): 729–737.
- Yen, G.C. & Chen, H.Y. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(716): 27–32.
- Yoshida, T., Oka, S., Masutani, H., Nakamura, H. & Yodoi, J. 2003. The Role of Thioredoxin in the Aging Process: Involvement of Oxidative Stress. *Antioxidants & Redox Signaling*, 5(5): 563–570.
- Young, I.S. & Woodside, J.V. 2001. Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathology*, 54(3): 176–186.
- Youssef, M.K. & Barbut, S. 2011. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. *Meat Science*, 87(4): 356–360.

Zamawi, M.H., Idris, M.H., Kamal, A.H.M. & Wong, S.K. 2014. Seaweed composition from Bintulu coast of Sarawak, Malaysia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17(8): 1007–1014.

