

## INKORPORASI VITAMIN E PFAD PADA CAMPURAN GALAKTOMANAN KOLANG-KALING (*Arenga pinnata*) DAN GUM ACASIA

### INCORPORATION VITAMIN E FROM PFAD IN MATRIX OF MIXED GALAKTOMANAN KOLANG-KALING (*Arenga pinnata*) AND GUM ACASIA

Reza Zulmi, Jamaran Kaban, Juliati Tarigan

Departemen Kimia FMIPA-USU  
Jalan Bioteknologi No. 01 Kampus USU Medan  
Corresponding Author : [zulmirezassi@yahoo.com](mailto:zulmirezassi@yahoo.com)

#### ABSTRACT

Incorporation of vitamin E from palm fatty acid distillate (PFAD) into matrix of mixed gum acacia and galactomannan from *Arenga pinnata* (kolang-kaling) (GAP) has been studied. Galactomannan extracted from *Arenga pinnata* was 4.7%. Incorporations were conducted using using 7 gram gum acacia (GA), 1.3 gram vitamin E from PFAD and GAP varied from 0.1 – 0.4 gram in 100 ml total volume. The thickness of the film occurred in the range of 0.600 – 0.780 mm. In the increment of GAP amount the viscosity and stability of film was increased. The best film obtained which most compatible and has viscosity similar with standard of ISO 9001 – 2008 and ISO 22000 – 2005 was from formula 3 contained 0.2 gram GAP. The oncentration of vitamin E determined using gas chromatography was 75.4501%. The composition of vitamin E was tocotrienol 74.41% and tocopherol 25.59%.

**Keywords :** *Vitamin E PFAD, Galaktomanan Kolang-Kaling, Gum Acacia, Incorporation.*

#### PENDAHULUAN

Vitamin E umumnya dikenal sebagai tokoperol dan tokotrienol, merupakan antioksidan alami larut dalam lemak yang dapat mencegah terjadinya oksidasi asam lemak tidak jenuh pada produk makanan [1]. Vitamin E sangat berperan dalam penanggulangan penyakit degeneratif seperti jantung and kanker melalui pencegahan terhadap reaksi radikal bebas [2]. Namun demikian vitamin E sebagai antioksidan alami memiliki kekurangan seperti sukar larut dalam air dan bersifat tidak stabil terhadap cahaya, oksigen dan suhu [3]. Untuk mengurangi kelemahan tersebut maka vitamin E sebaiknya diinkorporasi atau enkapsulasi kedalam suatu matriks sehingga vitamin E terserap dalam matrik dan terlindungi dari pengaruh lingkungan seperti panas, kelembaban, udaradan cahaya [4].

Secara luas matrik yang banyak digunakan adalah polisakarida seperti pati dan turunannya, ekstrak tumbuhan (gum arab, galaktomanan, pektin), ekstrak tumbuhan laut seperti alginat serta polisakarida dari hewan dan mikrobial seperti kitosan dan xantan [5]. Hasil penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa

galaktomanan dapat menghambat kenaikan kadar kolestrol darah dan juga bersifat sebagai pengemulsi sehingga dapat digunakan pada teknologi pangan dan industri farmasi. Hal ini disebabkan galaktomanan terdiri dari galaktosa yang bersifat hidrofilik dan manan yang bersifat hidrofobik [6].

Salah satu sumber galaktomanan yang melimpah di Indonesia adalah kolang-kaling. Galaktomanan kolang-kaling memiliki perbandingan galaktosa : manosa = 1 : 1,331. Demikian juga galaktomanan kolang-kaling (GAP) telah diteliti sebagai bahan pembuatan edible film yang bersifat anti mikroba dan antioksidan [7]. Tarigan [8] juga telah meneliti tentang kestabilan vitamin E dari PFAD yang diinkorporasi dengan galaktomanan kolang-kaling.

Industri pengolahan CPO di Medan telah menggunakan matrik dari gum acasia sebagai filler pada tokoferol. Penggunaan gum acasia dikarenakan gum acasia ini dapat membentuk lapisan yang dapat melindungi dari pengaruh oksidasi, absorpsi dan evaporasi [9].

Hasil penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa bahan penyalut gum

acasia lebih efektif sebagai pelindung bahan aktif dibandingkan dengan bahan penyalut lainnya [10]. Akan tetapi penggunaan gum acasia dinilai mahal dan persediaan terbatas. Soares et al., menyatakan dalam penelitiannya bahwa campuran hidrogel yang baik dan stabil secara fisik akan lebih memungkinkan digunakan pada industri kosmetik dan obat-obatan [11].

Berdasarkan uraian di atas peneliti tertarik untuk meneliti inkorporasi vitamin E PFAD pada campuran galaktomanan kolang-kaling (GAP) dan gum acasia (GA) yang viskositasnya mirip dengan formula (ISO 9001 (2008) dan ISO 22000 (2005)) dan filmnya yang kompatibel. Bahan inkorporasi yang digunakan campuran GA dengan GAP dan GA tanpa GAP. Sebelum campuran tersebut dijadikan dalam bentuk film, terlebih dahulu dilakukan Analisa komposisi senyawa kimia vitamin E PFAD dan komponen senyawa kimia vitamin E. Setelah campuran terbentuk diuji tingkat kestabilan dan viskositas campuran.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Neraca analitis (Mettler), Rotarievaporator (Heidolph), Hotplate stirer (Fision), Oven (Memmert), Gas Chromatography (Agilent), HPLC (Agilent), Oven blower (Memmert), Viskometer, Centrifuge, Filter Bag (Nylon) 100 micron, Micrometer sekrup digital (Mitutoyo), Plat kaca dan Alat – alat gelas (Pyrex).

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah Vitamin E PFAD (50%), Kolang-kaling, Gum acasia, Etanol p.a. (E. Merck), dan Air Deionisasi.

### Prosedur Penelitian

#### Analisa Kandungan Vitamin E PFAD dengan GC

Sampel vitamin E dicairkan dan dipipet sebanyak 6 µL kemudian dimasukkan kedalam tabung vial dan dilarutkan dengan n-hexan dan diaduk. Sampel diinjeksikan ke alat kromatografi gas dan dibaca kromatogram yang dihasilkan. (AOCS Ce5-86).

#### Analisa Perbandingan $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ dan $\delta$ Vitamin E PFAD dengan HPLC

Sampel vitamin E ditimbang sebanyak 1g dan dimasukkan kedalam labu takar 100 mL kemudian dilarutkan dengan n-heptane sampai garis batas. Sebanyak 10µL dipipet dengan

syringe kemudian di injeksikan pada alat HPLC dengan menggunakan fase gerak n-heptane : etil asetat dengan perbandingan (97:3 , v/v) (AOCS Ce8-89).

#### Ekstraksi Galaktomanan Kolang-Kaling (GAP)

Kolang-kaling dibersihkan, lalu dihaluskan dan ditambahkan air suling dengan perbandingan kolang-kaling dengan air deionisasi 1 : 10, dihaluskan dengan blender selama 5 menit, didiamkan selama 24 jam dalam lemari pendingin, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 6500 rpm selama 60 menit, lapisan atas ditambahkan dengan etanol dengan perbandingan etanol : kolang-kaling = 2 : 1, didiamkan selama 24 jam dalam lemari pendingin, kemudian disaring, lalu residu ditambahkan dengan etanol p.a., residu dipisahkan dan dikeringkan di dalam desikator, galaktomanan yang diperoleh dianalisa dengan FT-IR [8].

#### Pembuatan Film dari Campuran Galaktomanan Kolang-kaling (GAP), Gum Acasia (GA) dan Vitamin E PFAD

Pembuatan film dilakukan sesuai dengan formula larutan yang dilakukan di industri enkapsulasi vit. E (ISO 9001 (2008) dan ISO 22000 (2005)) yang dimodifikasi. Formulasi (Tabel 1) larutan dengan melarutkan GAP dalam air deionisasi dipanaskan pada suhu 70°C dengan hot plate dan diaduk pada 1500 rpm. Setelah suhu tercapai dan GAP larut, GA ditambahkan secara perlahan-lahan ke dalam larutan galaktomanan. Setelah larutan GAP dan GA larut, tambahkan vitamin E secara perlahan-lahan dan diaduk selama 30 menit. Campuran larutan yang terbentuk di uji sifat kestabilan dan viskositas. Kemudian campuran larutan dituang dalam cawan petri dengan diameter 9 cm sebanyak 95 mL. Film dikeringkan di oven blower pada suhu 35°C selama 10 jam dan disimpan dalam desikator untuk digunakan selanjutnya. Film yang terbentuk ditentukan ketebalannya.

**Tabel 1.** Formulasi Larutan Film dengan Variasi GAP

Nama Bahan	Formulasi (gram)						
	1	2	3	4	5	6	7
GAP	-	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
GA	7	7	7	7	7	-	7
Vit. E	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	-
Air	91,7	91,6	91,5	91,4	91,3	98,3	92,7
Jumlah	100	100	100	100	100	100	100

### Analisa Viskositas Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD

Sampel di masukan ke dalam tabung viscometer brookfield, kemudian dinaikkan hingga posisi spindle tertutup larutan, spindle yang digunakan tipe S18. Spindle di gerakkan oleh motor dengan kecepatan 60 dan 100 rpm pada suhu 70°C, kemudian start / run dan spindle berputar, dicatat viskositas sampel dalam satuan %CP dan torque.

### Analisa Kestabilan Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD

Kestabilan diuji dengan melihat kelarutan dari GAP, acasia dan vitamin E setelah dilakukan pemanasan pada suhu 70°C dan diaduk pada 1500 rpm selama 30 menit, lalu diangkat dan didiamkan pada suhu kamar. Kemudian dilihat kelarutan dan kestabilan vitamin E dalam campuran, dicatat waktu vitamin E terpisah dari larutan.

### Pengukuran Ketebalan Film Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD

Ketebalan film diukur dengan menggunakan mikrometer sekrup digital

(Mitutoyo). Diukur pada lima titik yang berbeda secara random. Rata-rata hasil pengukuran film digunakan untuk perbandingan dari masing-masing formula larutan dalam penyerapan GAP, GA dan vitamin E [8].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

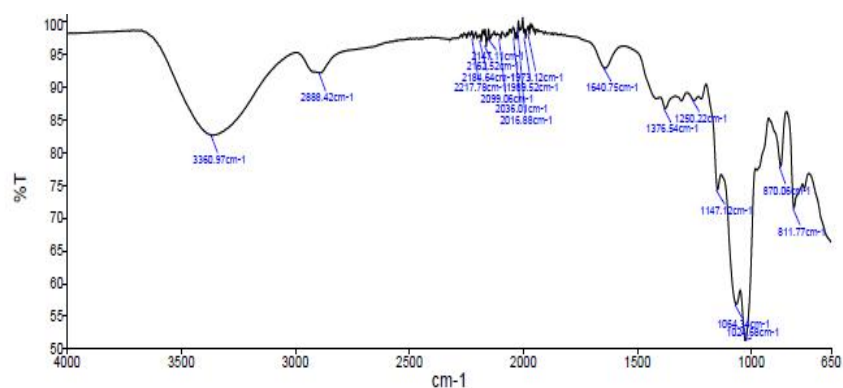
### Ekstraksi Galaktomanan dari Kolang - kaling

Hasil ekstraksi galaktomanan dari 100,26 gram kolang-kaling dengan menggunakan air deionisasi diperoleh sebesar 4,71 gram atau 4,7%. Hasil ekstraksi yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan yang diperoleh Koiman sebesar 5% dengan suasana basa [12] dan yang diperoleh Tarigan sebesar 4,58% [7].

Prosedur yang umum untuk memperoleh galaktomanan dari biji adalah kombinasi proses ekstraksi dan pemurnian dan prosedur pemisahan yang paling umum adalah penyaringan. Endosperm dilarutkan dalam air, diikuti dengan pengendapan dengan penambahan alkohol, tidak ada pengaruh alkohol pada struktur galaktomanan, sehingga galaktomanan aman digunakan secara langsung baik dalam pangan maupun non pangan [13].



Gambar 1. Hasil Ekstraksi Galaktomanan Kolang-kaling (GAP)



Gambar 2. Spektrum FT-IR GAP

Galaktomanan kolang-kaling yang diperoleh dianalisis dengan spektrofotometer FT-IR (gambar 2).

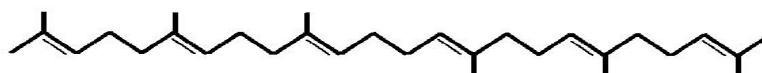
Spektrum FT-IR (Gambar 2) menunjukkan puncak karakteristik galaktomanan seperti yang ditunjukkan pada literature [7], Puncak serapan pada  $3360\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi stretching gugus OH dari polisakarida [14] dan pita serapan pada  $2888\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi stretching -C-H, yang didukung oleh vibrasi bending -CH<sub>2</sub>- pada bilang gelombang  $1376\text{ cm}^{-1}$ . Absorpsi pada  $1640\text{ cm}^{-1}$  oleh karena adanya ikatan antara gugus OH pada galaktomanan dengan air. Pita melebar pada daerah  $900 - 1200\text{ cm}^{-1}$  oleh karena vibrasi stretching -C-C-O, C-OH, dan C-O-C dari rantai utama polimer. Puncak pada  $1147\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi bending C-O dari cincin piranosa. Pita pada  $868\text{ cm}^{-1}$ ,  $868\text{ cm}^{-1}$ , dan  $870\text{ cm}^{-1}$  karakteristik ikatan  $\beta$ -D-manopiranosida yang ada dalam polisakarida dan pita pada  $811\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan  $\alpha$ -D-galaktopiranosida [15].

### Komponen Vitamin E PFAD

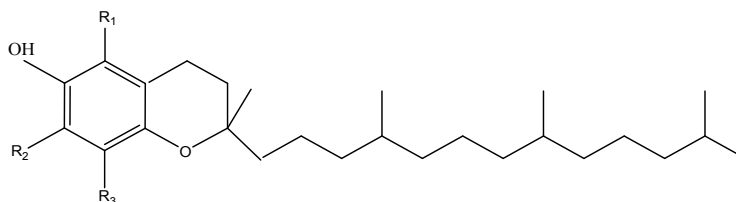
Minyak sawit mengandung vitamin E antara 600-1000 ppm yang merupakan campuran tokoperol (21-31%) dan tokotrienol (66-79%). Sayangnya, vitamin E yang terdapat dalam minyak sawit sebagian hilang selama proses pengolahan [16]. Vitamin E alami secara normal diperoleh kembali dari PFAD bukan dari minyak nabati yang sudah direfining. Berdasarkan hasil analisis dengan GC (Tabel 2) diperoleh kandungan asam lemak bebas 0.1017%, monogliserida (MG) 0.4299%, digliserida (DG) 2.7171%, trigliserida (TG) 9.8803%, squalen 11.4208% dan vitamin E 75.4501%.

**Tabel 2.** Komponen Senyawa Kimia pada Larutan Vitamin E PFAD dengan GC

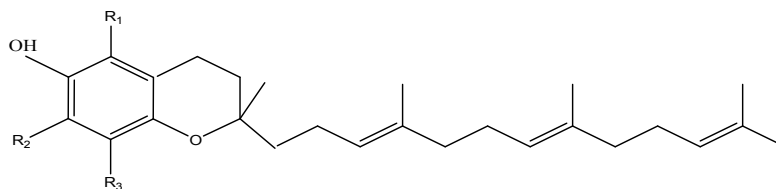
Nama Senyawa	Persentase (%)
Asam Lemak	0,1017
Monogliserida	0,4299
Digliserida	2,7171
Trigliserida	9,8803
Squalen	11,4208
Vitamin E	75,4501
Total	100,0000



Squalen



Tokoperol / Vitamin E



Tokotrienol / Vitamin E

R1, R2, R3 = CH<sub>3</sub>  $\alpha$ -tokoperol atau tokotrienol  
 R1, R3 = CH<sub>3</sub>, R2 = H  $\beta$ - tokoperol atau tokotrienol  
 R1=H, R2, R3= CH<sub>3</sub>  $\gamma$ - tokoperol atau tokotrienol  
 R1,R2 =H, R3 = CH<sub>3</sub>  $\delta$ - tokoperol atau tokotrienol [16].

**Gambar 3.** Struktur senyawa squalen dan  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  - Tokoferol dan Tokotrienol yang terkandung pada larutan Vitamin E PFAD

Komposisi kimia vitamin E (Tabel 3) yang terkandung dalam larutan vitamin E PFAD adalah  $\alpha$ -Tokoperol 14.54%,  $\alpha$ -Tokotrienol 14.86%,  $\beta$ -Tokotrienol 1.74%,  $\gamma$ -Tokotrienol 17.89% dan  $\delta$ -Tokotrienol 7.80% dan strukturnya pada gambar 3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Vitamin E dari PFAD mengandung banyak tokotrienol yaitu sebesar 74,41% dan tokoperol sebesar 25,59%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keunggulan PFAD sebagian besar vitamin E dalam bentuk tokotrienol 70% dan tokoperol 30% [17].

**Tabel 3.** Komponen Senyawa Kimia Vitamin E dalam Larutan Vitamin E PFAD dengan HPLC

Nama Senyawa	Persentase (%)
$\alpha$ -Tokoperol	14,54
$\alpha$ -Tokotrienol	14,86
$\beta$ -Tokotrienol	1,74
$\gamma$ -Tokotrienol	17,89
$\delta$ -Tokotrienol	7,80
Total. Vitamin E	56,83

### Viskositas Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD

Preparasi awal pembuatan film GAP, GA dan vitamin E PFAD, menunjukkan pada arah perbandingan penambahan galaktomanan sebagai zat tambahan. Keuntungan besar galaktomanan adalah kemampuannya untuk membuat larutan yang kental pada konsentrasi yang relative rendah, sedikit dipengaruhi oleh pH, kekuatan ionik dan panas [18], sehingga viskositas GAP jauh lebih tinggi dibandingkan dengan GA (tabel 4), dimana 0,4 gram GAP viskositasnya 3,95 cP sedangkan GA 7 gram viskositasnya 2,92 cP. Dengan demikian makin banyak jumlah GAP yang ditambahkan maka viskositasnya makin tinggi, bila larutan makin kental maka film yang diperoleh juga makin tebal (Tabel 6). Kombinasi dari keduanya, bila jumlah GAP makin besar maka viskositas makin meningkat. Namun demikian viskositas yang mirip dengan viskositas pada 60 rpm suhu 70°C formula (ISO 9001 (2008) dan ISO 22000 (2005)) yaitu cP 13,2 dan torque 27,0% adalah formula 3 dan 4 yaitu dengan penambahan GAP 0,2 gram dan 0,3 gram.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Viskositas Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD Viskositas pada suhu 70°C

Formulasi	Viskositas pada suhu 70°C			
	60 rpm		100 rpm	
	cP	%Torque	cP	%Torque
1	2,92	5,8	2,74	9,0
2	4,45	8,9	4,08	13,6
3	5,73	11,4	5,49	18,43
4	7,75	15,5	7,08	23,36
5	9,22	18,4	9,93	33,10
6	3,95	7,9	3,57	10,20
7	7,43	14,9	7,86	26,20

### Kestabilan Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD

Kestabilan formulasi difokuskan pada formulasi 2,3,4 dan 5 karena keempat formulasi ini mengandung senyawa GAP, GA dan vitamin E. Makin tinggi jumlah GAP yang ditambahkan maka waktu pemisahan antara vitamin E dan polisakarida (GAP dan GA) makin banyak, artinya bahwa tingkat kestabilan campuran emulsi makin tinggi, hal ini disebabkan karena GAP memiliki perbandingan M/G yang rendah yakni 1,33 [7]. Yang menunjukkan bahwa GAP memiliki kelarutan yang tinggi dalam air tetapi lebih rendah dari GA. Ini akan mempengaruhi

interaksi sinergis antara GAP dan GA dalam membentuk gel dan fungsinya sebagai emulsifier. Demikian juga sifat struktur galaktomanan yang bersifat emulsifier dimana cabang galaktosa yang bersifat hidrofil dan rantai utama manosa yang bersifat hidrofob [19, 20]. Sifat emulsifier GA lebih tinggi dari GAP, namun demikian dengan pencampuran keduanya dapat meningkatkan sifat emulsifiernya (tabel 5).

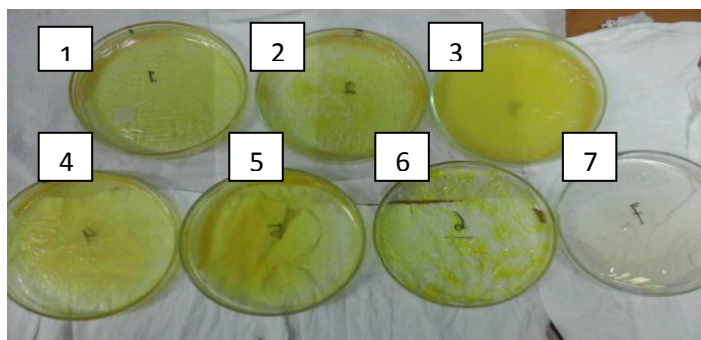
**Tabel 5.** Kestabilan Campuran GAP, GA dan Vitamin E PFAD

Formulasi	Waktu Saat Vit E Terpisah (detik)
-----------	-----------------------------------

1	126
2	378
3	395
4	412
5	507
6	30
7	-

### Film Campuran GAP, GA dan Vit. E PFAD

Hasil pembuatan film campuran GAP, GA dan vitamin E dilakukan dengan variasi GAP 0.1 gr ; 0.2 gr ; 0.3 gr ; 0.4 gr yang diikuti dengan penambahan GA 7 gram dan vit E 1.3 gr. Pembuatan film dengan menggunakan polisakarida galaktomanan dapat dilakukan dengan metode yang sederhana hanya membutuhkan air sebagai pelarut [13].



**Gambar 3.** Film Formula 1-7 (Tabel 6)

Kestabilan campuran GAP, GA dan vitamin E menunjukkan bahwa makin banyak jumlah GAP yang ditambahkan maka kestabilannya makin meningkat. Berdasarkan bentuk film yang diperoleh (Gambar 3) maka yang paling kompatibel atau bercampur sempurna adalah pada campuran GAP : GA : Vit. E (0,2 gram : 7 gram : 1,3 gram) dengan total 100 gram pada formula nomor tiga. Hasil ini menunjukkan bahwa paling stabil dalam bentuk emulsi belum tentu paling stabil dalam bentuk film, kemungkinan pelarut sangat berperan dalam membentuk interaksi antara komponen senyawa dalam campuran tersebut. Soares et al., menyatakan dalam penelitiannya bahwa campuran hidrogel yang baik dan stabil secara fisik akan lebih memungkinkan digunakan pada industri kosmetik dan obat-obatan [11].

**Tabel 6.** Hasil Pengukuran Ketebalan Film

Formula	Ketebalan (mm)
1	0,542
2	0,601
3	0,635
4	0,646
5	0,779
6	0,101
7	0,684

### KESIMPULAN

Galaktomanan dari kolang-kaling diperoleh sebesar 4,7%. Kandungan vitamin E dalam PFAD adalah 75,4501 %, dengan komposisi tokotrienol 74,41% dan tokoperol 25,59%. Makin besar jumlah GAP maka viskositas dan kestabilan campuran makin meningkat. Tebal film yang diperoleh 0,600 – 0,780 mm, campuran film yang paling kompatibel dan viskositas yang sesuai dengan viskositas pada 60 rpm suhu 70°C formula (ISO 9001 (2008) dan ISO 22000 (2005)) yaitu cP 13,2 dan torque 27,0% adalah formula 3.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nesaretnam, K., R. Ambra, K.R. Selvaduray, A. Radhakrishnan, K. Reimann, G. Razak, and F. Virgili. 2004. *Tocotrienol-rich fraction from palm oil affects gene expression in tumors resulting from MCF-7 cell inoculation in athymic mice*. *Lipids*. 39(5): p. 459-67.
- [2] Rimm, E.B., M.J. Stampfer, A. Ascherio, E. Giovannucci, G.A. Colditz, and W.C. Willett. 1993. *Vitamin E consumption and the risk of coronary heart disease in men*. *N Engl J Med*. 328(20): p. 1450-6.
- [3] Evans, J.C., D.R. Kodali, and P.B. Addis. 2002. *Optimal tocopherol concentrations to inhibit soybean oil oxidation*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 79(1): p. 47-51.

- [4] Desai, K.G.H. and H. Jin Park. 2005. *Recent developments in microencapsulation of food ingredients*. Drying technology. 23(7): p. 1361-1394.
- [5] Wandrey, C., A. Bartkowiak, and S.E. Harding, *Materials for Encapsulation*, in *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*, N.J. Zuidam and V. Nedovic, Editors. 2010, Springer New York: New York, NY. p. 31-100.
- [6] Suryani, A., I. Sailah, and E. Hambali. 2000. *Teknologi emulsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 117hlm.
- [7] Tarigan, J.B., *Karakterisasi Edible Film Yang Bersifat Antioksidan Dan Antimikroba Dari Galaktomanan Biji Aren (Arenga pinnata) Yang Diinkorporasi Dengan Minyak Atsiri Daun Kemangi (Ocimum basilicum L.)*, in *Kimia*. 2014, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- [8] Tarigan, M.R., *Stabilitas Vitamin E dari PFAD (Palm Fatty Acid Distilate) yang Diinkorporasi pada Galaktomanan Kolangkaling*, in *Kimia*. 2014, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- [9] Bertolini, A.C., A.C. Siani, and C.R. Grosso. 2001. *Stability of monoterpenes encapsulated in gum Arabic by spray-drying*. J Agric Food Chem. 49(2): p. 780-5.
- [10] Krishnan, S., A.C. Kshirsagar, and R.S. Singhal. 2005. *The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent*. Carbohydrate Polymers. 62(4): p. 309-315.
- [11] Soares, P.A.G., et al. 2015. *Development and characterization of a new hydrogel based on galactomannan and  $\kappa$ -carrageenan*. Carbohydrate Polymers. 134: p. 673-679.
- [12] Kooiman, P. 1971. *Structures of the galactomannans from seeds of Annona muricata, Arenga saccharifera, Cocos nucifera, Convolvulus tricolor, and Sophora japonica*. Carbohydrate Research. 20(2): p. 329-337.
- [13] Cerqueira, M.A., Á.M. Lima, J.A. Teixeira, R.A. Moreira, and A.A. Vicente. 2009. *Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits*. Journal of Food Engineering. 94(3-4): p. 372-378.
- [14] Singh, V., R. Sethi, and A. Tiwari. 2009. *Structure elucidation and properties of a non-ionic galactomannan derived from the Cassia pleurocarpa seeds*. International Journal of Biological Macromolecules. 44(1): p. 9-13.
- [15] Buriti, F.C.A., et al. 2014. *Characterisation of partially hydrolysed galactomannan from Caesalpinia pulcherrima seeds as a potential dietary fibre*. Food Hydrocolloids. 35: p. 512-521.
- [16] Schwartz, H., V. Ollilainen, V. Piironen, and A.-M. Lampi. 2008. *Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats*. Journal of Food Composition and Analysis. 21(2): p. 152-161.
- [17] Musalmah, M., M. Nizrana, A. Fairuz, A. NoorAini, A. Azian, M. Gapor, and W.W. Ngah. 2005. *Comparative effects of palm vitamin E and  $\alpha$ -tocopherol on healing and wound tissue antioxidant enzyme levels in diabetic rats*. Lipids. 40(6): p. 575-580.
- [18] Sittikijyothin, W., D. Torres, and M.P. Gonçalves. 2005. *Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions*. Carbohydrate Polymers. 59(3): p. 339-350.
- [19] Vendruscolo, C.W., C. Ferrero, E.A.G. Pineda, J.L.M. Silveira, R.A. Freitas, M.R. Jiménez-Castellanos, and T.M.B. Bresolin. 2009. *Physicochemical and mechanical characterization of galactomannan from Mimosa scabrella: Effect of drying method*. Carbohydrate Polymers. 76(1): p. 86-93.
- [20] Vieira, Í.G.P., F.N.P. Mendes, M.I. Gallão, and E.S. de Brito. 2007. *NMR study of galactomannans from the seeds of mesquite tree (Prosopis juliflora (Sw) DC)*. Food Chemistry. 101(1): p. 70-73.