

KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN WHEY DANGKE DAN AGAR DENGAN MENGGUNAKAN GLISEROL DENGAN PERSENTASE BERBEDA

(Characteristics of Edible Film Made from *Dangke* Whey and Agar Using different Percentage of Glycerol)

Fatma¹, Ratmawati Malaka¹, Muhammad Taufik²

¹Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar

²STPP Gowa

Email : fatma_maruddin@yahoo.co.id

ABSTRACT

Composites of whey *dangke* and agar can form edible film. The downside of this edible film are fragile, brittle and inflexible. Addition of glycerol, which is one of plasticizers, may improve characteristics of edible film to be more elastic, flexible and not easy to become fragile. The proper use of glycerol will affect the characteristics of the edible film. The purpose of this study was to determine the effect of the percentage of glycerol to the edible film characteristics, including yield, thickness, tensile strength, elongation, and color. This study was carried out according to completely randomized design consisted of three levels of glycerol concentrations, i.e. 25%, 35%, and 45% as treatments. Each treatment was repeated 5 times. The results study indicated that the thickness of edible film ranged from 0.024 mm to 0.035 mm, the yield varied from 7.26% to 7.87%, the tensile strength was between 13.60 and to 4.20 N, elongation was from 33.33 to 80%, and the color of L was 88.86 to 88.81, the value for "a" was between (-1.48) and (-0.94), and "b" was from 4.19 to 5.56. An increase in the percentage of glycerol decreased tensile strength but increased elongation. The addition of 45% glycerol caused "a" color change value (reduced green color). The addition of 35% glycerol caused changes in color values "b" (reduced yellow color), but the increase in the percentage of glycerol did not change the thickness and brightness values (L) of edible film. It was concluded that the higher the percentage of glycerol added in manufacturing edible film made from a composite whey *dangke* and agar decreased the tensile strength, increased the elongation and changed the color values of "a" and "b", but did not change the thickness and rendemen of edible film.

Key words: characteristics whey *dangke* and agar, edible film, glycerol, ,

ABSTRAK

Komposit dari whey *dangke* dan agar dapat membentuk edible film. Kelemahan dari edible film berbahan tersebut adalah rapuh, mudah patah dan tidak lentur. Penambahan gliserol yang merupakan salah satu plasticizer yang dapat memperbaiki karakteristik edible film menjadi elastis, fleksibel dan tidak mudah 'rapuh. Penggunaan gliserol secara tepat akan mempengaruhi karakteristik edible film. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari persentase gliserol terhadap karakteristik edible film seperti: rendemen, ketebalan, kekuatan tarik, kemuluran dan warna. Penelitian ini telah menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan konsentrasi gliserol yaitu 25, 35 dan 45%. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Hasil penelitian diperoleh yaitu ketebalan edible film 0,024 - 0,035 mm, rendemen 7,26-7,87%, kekuatan tarik 13,60 - 4,20 N, kemuluran 33,33 - 80%, dan warna L=88,86 - 88,81, a= (-1,48) - (-0,94) ,b=4,19 - 5,56. Peningkatan jumlah persentase gliserol menyebabkan kekuatan tarik menurun dan kemuluran meningkat. Penambahan 45% gliserol menyebabkan perubahan nilai warna a (warna kehijauan berkurang). Penambahan 35% gliserol menyebabkan perubahan nilai warna b (warna kekuningan berkurang), namun peningkatan persentase gliserol tidak mengubah ketebalan dan nilai kecerahan (L) edible film. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase gliserol yang ditambahkan dalam pembuatan edible film berbahan komposit whey *dangke* dan agart, menyebabkan penurunan kekuatan tarik, peningkatan kemuluran dan perubahan nilai warna a dan b, namun tidak mengubah ketebalan dan rendemen edible film.

Kata kunci : karakteristik, whey *dangke* dan agar, *edible film*, gliserol

PENDAHULUAN

Whey dangke merupakan *by-product* pengolahan dangke, dan dapat dibuat *edible film*. Protein whey merupakan salah satu bahan pembentuk *edible film*. *Edible film* dari protein whey memiliki sifat yang baik sebagai pengemas yakni berbentuk transparan, lunak, tidak berbau dan memiliki kemampuan menahan aroma dari produk pangan yang dilapisinya (Awwaly dkk., 2010) dan (Sothornvit and Krochta, 2000).

Hasil pra penelitian diketahui bahwa kandungan protein whey dangke hanya 9,76% (w/w) (Fatma, dkk., 2014). Kondisi tersebut menyebabkan *edible film* yang terbentuk dari bahan whey dangke saja karakteristiknya tidak kompak, tidak elastis dan tidak transparan. Kondisi yang sama pada penelitian Jonjareonrak *et al.* (2006) dengan menggunakan gelatin kulit ikan. Konsentrasi protein gelatin yang rendah tidak dihasilkan *edible film* yang baik. Penambahan bahan lain seperti hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak maupun kombinasi dari dua atau tiga bahan dapat memperbaiki karakteristik *edible film* berbahan whey dangke. Penggunaan polisakarida sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* didasarkan pada biaya yang relatif murah, kelimpahan bahan, dan sifat termoplastiknya (Renata *et al.*, 2014). Salah satu polisakarida adalah agar. Agar merupakan polimer hidrofilik dari polisakarida sulfat yang dapat diekstrak dari rumput laut merah (*Rhodophyceae*).

Beberapa penelitian telah mengkombinasikan 2 jenis bahan untuk perbaikan kualitas *edible film* seperti; whey protein dan tepung porang (Safitri dkk., 2014), sukun dan kitosan (Setiani dkk., 2013), whey protein konsentrat dan atau dengan mesquite gum/sodium alginate/karagenat (Villagomez-Zavala, *et al.*, 2008).

Pembuatan *edible film* membutuhkan *plasticizer*. *Plasticizer* dapat melenturkan dan mencegah kerapuhan *edible film*. Gliserol merupakan salah satu *plasticizer*, yang biasa digunakan dalam pembuatan *edible film* (Han, 2005). Gliserol mengandung molekul hidrofilik yang relatif kecil dan mudah disisipkan diantara rantai polimer bahan dasar. Kondisi tersebut menyebabkan modifikasi struktural molekul-molekul penyusun *edible film*. Molekul gliserol akan mengganggu kekompakan polimer-polimer bahan dasar dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas *edible film*.

Beberapa penelitian telah menggunakan jenis *plasticizer* tertentu dengan persentase sekitar 10-75% dari berat kering polimer dalam pembuatan *edible film*. Persentase gliserol yang digunakan bergantung pada sifat bahan *edible film* seperti (Guilbert, *et al.*, 1996; Oses *et al.*, 2009; Taufik, 2011; Jongjareonrak *et al.*, 2006; Srinivasa *et al.*, 2007). Persentase gliserol yang tepat, dapat berpengaruh pada karakteristik *edible film*.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible film* (berbahan dasar dari komposit whey dangke dan agar). Karakteristik yang diamati adalah ketebalan, rendemen, kekuatan tarik, kemuluran dan warna.

MATERI DAN METODE

Materi

Whey dangke diperoleh dari kabupaten Enrekang. Whey diliofilisasi (freeze dryer) selama 30 jam dan dihasilkan whey bubuk (protein 9,76 % dan air 8,29%), agar (swallow Grass), aquades, gliserol dan lain-lain.

Pembuatan *edible film*

Proses pembuatan larutan dari *edible film* adalah sebagai berikut : whey bubuk 4% (w/v) dan agar (2,5%) (w/v) dicampur dengan aquades. Campuran tersebut selanjutnya dipanaskan suhu $93^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit, dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Penambahan konsentrasi dari gliserol 15, 25 dan 35% dari berat kering (whey+agar). gliserol ditambahkan di menit ke-20 saat pencampuran. Volume larutan yang dimasukkan ke teflon, berdasarkan diameternya (0,95 x diameter teflon). Teflon yang telah diisi, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C selama 6 jam. *Edible film* yang sudah kering, dilepas dari teflon dengan hati-hati, lalu disimpan di dalam wadah tertutup dengan digantung. Analisis dilakukan setelah 24 jam penyimpanan (dimodifikasi dari metode Gounga *et al.*, 2007; Yoshida dan Antunes, 2004; Oses *et al.*, 2009; Sobral *et al.*, 2001).

Parameter yang diamati

Ketebalan *film*

Ketebalan *film* dihitung menggunakan *micrometer* (Model MDC-25M, Mitutoyo, MFG, Japan). Ketebalan *edible film* diukur di 5 titik lokasi yang berbeda secara acak. Hasilnya merupakan rata-rata dari 5 pengukuran (Ayranci dan Tunc, 2003).

Rendemen

Rendemen diperoleh dari perbandingan berat *edible film* dengan larutan *edible film* dikalikan 100.

$$\text{Rendemen(\%)} = \frac{\text{(Berat edible film (g))}}{\text{Berat larutan edible film (g)}} \times 100$$

Kekuatan tarik (Tensile strength)

Kekuatan tarik dan kemuluran dari film diuji dengan digital gauge HF 500. *Edible film* dipotong dengan ukuran 8 cm x 3 cm. Luasan *edible film* yang dijepit adalah 1,5 cm (dikedua sisi panjangnya). Nilai kekuatan tarik dibaca setelah sampel ditarik (Bourtoom, 2008^a).

Kemuluran (Elongation at break)

Kemuluran dari *film* diuji menggunakan digital gauge HF 500. *Edible film* dipotong dengan ukuran 8 cm x 3 cm. Luasan *edible film* yang dijepit adalah 1,5 cm (dikedua sisi panjangnya). Kemuluran dihitung dengan rumus :

$$E = 100 \times (d_{\text{after}} - d_{\text{before}}) / d_{\text{after}}$$

Rumus tersebut menunjukkan : d adalah jarak antara penjepit pemegang sampel sebelum atau setelah sampel ditarik hingga putus (Bourtoom, 2008^a dan Wittaya, 2013).

Pengujian warna

Nilai warna *edible film* diukur dengan digital color meter tes (T 135). Alat dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan dengan standar yang berwarna putih (nilai kalibrasi L=94,76, a=-0,795, dan b=2,200). Nilai warna L= 0 (hitam) hingga 100(putih); a=-60 (hijau) hingga +60 (merah), dan b=-60 (biru) hingga +60 (kuning) (Bourtoom, *et al.*, 2006; Bourtoom, 2008^a; Cho, *et al.*, 2007 dan Bae, *et al.*, 2008).

Analisis statistik

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap, dengan perlakuan konsentrasi sorbitol pada 25, 35 dan 45%. Setiap perlakuan diulang 5 kali. Data dianalisis dengan analisis varians (ANOVA) menggunakan program SPSS. Uji lanjut *least significant difference* LSD untuk mendeteksi perbedaan antara perlakuan (Gaspersz, 1991).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *edible film* yang terbuat dari whey dangke bubuk dan agar dengan perlakuan konsentrasi gliserol 25, 35 dan 45% terlihat pada Tabel 1.

Ketebalan

Rata-rata ketebalan *edible film* yang dihasilkan dengan perlakuan konsentrasi gliserol (25,35 dan 45%) adalah 0,024 - 0,035 mm. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa konsentrasi gliserol tidak berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Ketebalan *edible film* sangat bergantung pada komposisi, sifat dan kandungan polimer penyusunnya, namun tidak bergantung pada *plasticizer*. Hal ini sejalan dengan penelitian Vanin, *et al.* (2005) yang salah satu perlakuannya menggunakan gliserol dengan konsentrasi 10, 15, 20, 25 dan 30 (g/100 g gelatin). Ketebalan *edible film* yang dihasilkan tidak berbeda yaitu sekitar 0,050-0,081 mm. Perbedaan ketebalan *edible film* dari beberapa penelitian lainnya yang menggunakan *plasticizer* gliserol dengan bahan berbeda seperti; berbahan kombinasi whey protein konsentrat dan tepung porang dengan berbagai konsentrasi yaitu 0,035-0,173 mm (Safitri dkk., 2014), berbahan gelatin yaitu 0,09 mm (Taufik, 2011), berbahan whey protein konsentrat yaitu 0,11 mm dan whey protein isolat yaitu 0,11 mm (Banerjee, *et al.*, 1994 dalam Chen, 1995), dan berbahan campuran quinoa protein dan chitosan yaitu 0,051-0,159 mm (Abugoch, *et al.*, 2011). Wang, *et al.* (2010) mengemukakan bahwa, ketebalan *edible film* lebih bergantung pada sifat dan komposisi bahan. Hal serupa dikemukakan Di Pierro, *et al.*, (2006) bahwa, ketebalan *edible film* ditentukan oleh sifat dan kandungan polimer penyusunnya.

Rendemen

Rendemen merupakan persentase berat *edible film* dengan larutan *edible film*. Rata-rata rendemen yang dihasilkan dengan konsentrasi gliserol (25, 35 dan 45%) adalah 7,26-7,87%. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa konsentrasi gliserol tidak berpengaruh terhadap rendemen *edible film*. Rendemen *edible film* penelitian Fatma *et al.* (2014) yang juga menggunakan bahan kombinasi whey dangke dan agar dengan perlakuan persentase sorbitol yaitu 7,29-8,83%. Rendemen dipengaruhi oleh besarnya kandungan air yang teruapkan saat pengeringan. Kandungan air bahan ada tiga

Tabel 2. Karakteristik edible film dengan menggunakan persentase gliserol yang berbeda dari komposit whey dangke dan agar

Karakteristik	Konsentrasi gliserol (%)		
	25	35	45
Ketebalan (mm)	0,027±0,004	0,031±0,004	0,031±0,003
Rendemen (%)	7,51±0,09	7,60±0,23	7,47±0,18
Kekuatan Tarik(N)	12,98±0,56 ^a	6,11±0,45 ^b	4.47±0,24 ^c
Kemuluran (%)	35,83±2,76 ^a	56,67±3,33 ^b	77,78±2,72 ^c
Warna			
L	86,409±1,145	86,347±1,138	86,625±0,766
a	-1,322±0,112 ^a	-1,395±0,08 ^a	-1,007±0,068 ^b
b	5,238±0,324 ^a	4.754±0,389 ^b	4,409±0,216 ^b

^{abc}Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

yaitu air bebas, air yang terikat dalam jaringan bahan dan air yang terikat secara kimia. Kemampuan molekul-molekul penyusun bahan untuk mengikat air dengan baik secara kimia, maka rendemen bahan semakin besar. Yang dan Poulson (2000) menyatakan bahwa ukuran molekul, konfigurasi dan jumlah kelompok fungsional hidroksida *plasticizer* serta ikatan dengan polimer dapat mempengaruhi interaksi antara *plasticizer* dan polimer. Semakin banyak kandungan air *edible film* menyebabkan rendemen pun semakin besar.

Kekuatan tarik (*Tensile strength*)

Kekuatan tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film*. Parameter ini menggambarkan gaya maksimum yang terjadi pada *film* selama pengukuran berlangsung (Lai, *et al*, 1997). Tabel 1 terlihat bahwa, peningkatan persentase gliserol menyebabkan kekuatan tarik *edible film* berbahan komposit whey dangke dan agar menurun. Rata-rata kekuatan tarik *edible film* yang dihasilkan dengan perlakuan konsentrasi gliserol (25,35 dan 45%) adalah antara 13,60 – 4,20 N. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa persentase gliserol berpengaruh (P<0,01) terhadap kekuatan tarik *edible film*. Uji lanjut (*least significant difference* (LSD) menunjukkan bahwa setiap perlakuan persentase gliserol mengalami perbedaan kekuatan tarik. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol 25-45% menyebabkan kekuatan tarik *edible film* semakin kecil. Mc.Hugh and Krochta (1994) Molekul gliserol akan mengganggu keompakan molekul-molekul penyusun bahan, sehingga interaksi intermolekul menurun dan mobilitas polimer meningkat. Kondisi ini menyebabkan

fleksibilitas *edible film* meningkat. Selanjutnya menyebabkan *edible film* mengalami kemuluran dan kekuatan tariknya semakin menurun. Reed, *et al.* (1998) menyatakan bahwa penggunaan gliserol dalam jumlah yang tepat memberikan efek tekstural, karena substansi tersebut secara potensial dapat melenturkan matriks polimer. Gliserol sebagai konstituen dengan berat molekul rendah dapat menyela diantara polimer. Lebih lanjut Garcí'a *et al.*, (2000) mengemukakan *plasticizer* menurunkan ikatan intermolekul antara rantai polimer yang berdekatan sehingga meningkatkan sifat kelenturan *edible film*,. Hasil penelitian Vanin, *et al.* (2005) menunjukkan kekuatan tarik yang semakin menurun seiring peningkatan perlakuan konsentrasi gliserol (10, 15, 20, 25, 30) g/100g gelatin. Yaitu 18,28 – 8,90 N.

Kemuluran (*Elongation at break*)

Kemuluran merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel *film* terputus. Tabel 1 terlihat bahwa, peningkatan persentase gliserol menyebabkan kemuluran *edible film* berbahan komposit whey dangke dan agar meningkat. Rata-rata kekuatan tarik *edible film* yang dihasilkan dengan perlakuan persentase gliserol (25,35 dan 45%) adalah antara 33,07 – 80,50%. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa persentase gliserol berpengaruh (P<0,01) terhadap kemuluran *edible film*. Uji lanjut LSD menunjukkan bahwa, bahwa setiap perlakuan persentase gliserol mengalami perbedaan kemuluran. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol 25-45% menyebabkan kemuluran *edible film* semakin meningkat. Peningkatan persentase

gliserol dalam pembuatan *edible film* dapat menurunkan interaksi polimer-polimer yang berdekatan maupun molekul lainnya. Mchugh and Krochta (1994) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi gliserol dan sorbitol dalam pembuatan *edible film* berbahan whey protein, secara nyata dihasilkan penurunan kekuatan tarik dan peningkatan kemuluran. Hasil penelitian ini sejalan pula dengan penelitian Bergo and Sobral (2007) yang menggunakan bahan gelatin kulit babi dengan penambahan persentase gliserol berbeda. Pada penelitian tersebut, peningkatan penambahan persentase gliserol menyebabkan kemuluran meningkat dan kekuatan tarik menurun. Gaudin *et al.* (1999) dan Myllarinen *et al.* (2002) menyatakan bahwa, *plasticiser* misalnya gliserol sering digunakan untuk memodifikasi sifat fungsional dan fisik *edible film*.

Berat molekul gliserol yang relatif kecil, memudahkan masuk diantara rantai polimer dan membentuk ikatan hidrogen. *Plasticizer* menurunkan ikatan intermolekul antara rantai polimer yang berdekatan sehingga sifat kelenturan *edible film* meningkat. Garcia *et al.* (2000) dan Gontard *et al.* (1993). menyatakan bahwa, *plasticizer* menurunkan kekuatan intermolekuler, dengan demikian meningkatkan sifat fleksibel dan sifat kemuluran dari *film*.

Penggunaan persentase gliserol tertentu, akan menentukan besarnya nilai kemuluran *edible film*. Namun yang perlu diketahui bahwa, nilai kemuluran *edible film* akan berbeda, meskipun menggunakan persentase gliserol yang sama, namun bahan berbeda. Hal ini sejalan dengan penelitian Bae, *et al.* (2008). Kelenturan *edible film* yang menggunakan jumlah gliserol 0,25 g/g bahan (biopolymer) adalah; pati hwangso 12,1±0,7 Mpa, gelatin 19,5±1,6 Mpa, HPMC 19,9±1,2 Mpa dan pati kacang hijau 19,0±2,2 Mpa.

Warna

Warna *edible film* dalam penelitian ini, yang dihasilkan dan terlihat mata secara langsung adalah bening. Pavlath dan Orts, (2009) menyatakan bahwa, *edible film* dapat memberikan warna bening atau kusam/buram. Pengukuran warna pada penelitian ini (alat pendeteksi warna) didasarkan pada sistem hunter dengan pengukuran nilai L(0=hitam, 100=putih), a (-60=hijau, +60=merah), dan b(-60=biru, +60=kuning). Rata-rata nilai L *edible film* yang dihasilkan dengan perlakuan persentase gliserol (25,35 dan 45%) adalah antara 86,86 -

88,81. Rata-rata nilai warna a *edible film* yang dihasilkan dengan perlakuan persentase gliserol (25,35 dan 45%) adalah antara -1,48 - -0,94. Rata-rata nilai warna b *edible film* yang dihasilkan dengan perlakuan persentase gliserol (25,35 dan 45%) adalah antara 4,19-5,56.

Hasil uji statistik warna menunjukkan bahwa persentase gliserol berpengaruh ($P < 0,01$) terhadap nilai warna a dan b. Namun tidak berpengaruh terhadap nilai warna L. Uji lanjut LSD menunjukkan bahwa terhadap nilai warna a, perlakuan 45% gliserol menunjukkan hasil berbeda nyata dengan perlakuan 25% dan 35%. Uji lanjut LSD menunjukkan bahwa terhadap nilai warna b, perlakuan 25% menunjukkan hasil berbeda nyata dengan perlakuan 35% dan 45%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan persentase gliserol tidak mengubah nilai warna L. Penambahan gliserol 45% menyebabkan warna kehijauan pada *edible film* menurun. Penambahan gliserol 35% menyebabkan warna kekuningan pada *edible film* juga menurun, namun penambahan gliserol hingga 45% tidak menunjukkan perubahan yang berarti dalam penurunan warna kekuningan. Hasil penelitian ini hampir sama dengan penelitian Bourtoom (2008^b) yang menggunakan komposit pati beras dan chitosan, dimana nilai warna L tidak berbeda (sekitar 85-86) dengan peningkatan persentase gliserol, namun nilai warna a dan b yang berubah. Hasil penelitian ini masih lebih baik dari penelitian Cho *et al.*, (2007) menunjukkan bahwa *edible film* berbahan isolate protein kedelai pada pH 7 mempunyai nilai L= 96,64, a=-0,90, dan b=11,06. Warna *edible film* tersebut mendekati warna putih, dan sudah lebih menuju ke warna kuning dibandingkan *edible film* penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

DIKTI (Direktorat Pendidikan Tinggi) yang telah memberikan dana Penelitian Hibah Kompetensi. LP2M Unhas atas kerjasama dan bantuannya.. Fakultas Peternakan atas fasilitas penelitian. Mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini, Fahrul, S.Pt., Aldi Qurnaldy, Sri Hastuti Ningsih dan Natalia Edyson.

DAFTAR PUSTAKA

- Abugoch, L.E., Tapia, C., Villaman, M.C., Yasdani-Pedram, M., Diaz-Dosque, M. 2011. Characterization of quinoa protein-chitosan blend edible films. Food Hydrocolloids, 25: 879-886.

- Awwaly, K. U., A. Manab dan E. Wahyuni. 2010. Pembuatan *edible film* protein whey : kajian rasio protein dan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 5(1): 45-56.
- Ayranci, E., and S. Tunc. 2003. A method for the measurement of oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh. *Food Chem.*, 80: 423-431.
- Bae, H.J., S. C. Dong, S. W. Williams, J. P. Hyun. 2008. Film and pharmaceutical hard capsule formation properties of mungbean, waterchestnut, and sweet potato starches. *Food Chemistry*, 106: 96-105.
- Bergo, P., and P. J. A. Sobral. 2007. Effect of plasticizer of physical properties of pigskin gelatin films. 21: 1285-1289.
- Bourtoom, T., M. S. Chinnan, P. Jantawat, R. Sanguandekul. 2006. Effect of select parameters on the properties of edible film from water-soluble protein in surimi wash-water. *LWT*, 39, 405-418.
- Bourtoom, T. 2008a. Edible films and coatings: characteristics and properties. *Int. Food Journal*, 15(3): 237-248.
- Bourtoom, T. 2008b. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. *Songklanakarin J. Sci. Tech.*, 30: 149-165.
- Chen, H. 1995. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. *J. Dairy Sci.*, 78: 2563-2583.
- Cho, S. Y., J. Park, H. P. Batt, R. L. Thomas. 2007. Edible film made from membrane processed soy protein concentrates. *LWT*, 40: 418-423.
- Di Pierro, P., B. Chico, R. Villalongan, L. Mariniello, A. Damiao, P. Masi. 2006. Chitosan-whey protein *edible films* produces in the presence of transglutaminase; analysis of their and barrier properties. *Biomacromolecules*, 7: 744-749.
- Fatma, R. Malaka, Hajrawati, E. Murpiningrum, and M. Taufik. 2014. Effect of sorbitol concentration as plasticizer on the characteristics of edible film from whey dangeke and agar composite. 4th SUIJI International Symposium and Seminar, Makassar, 13-15 September 2014.
- García, M. A., M. N. Martino, and N. E. Zaritzky 2000. Microstructural characterization of plasticized starch-based films. *Starch-Stärke*, 52(4): 118-124
- Gaudin, S., D. Lourdin, D. Le Botlan, J. L. Ilari, and P. Colonna. 1999. Plasticization and mobility in starch-sorbitol films. *J. Cereal Sci.*, 29(3): 273-284.
- Gaspersz, V. 1991. *Metode Perancangan Percobaan*. Armico, Jakarta.
- Gontard, N., S. Guilbert, and J. L. Cuq. 1993. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *J. Food Sci.*, 58: 206 - 211.
- Gounga, M.E., S-Y. Xu, dan Z. Wang. 2007. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation. *J. Food Eng.*, 83: 521-530.
- Guilbert, S., N. Gontard, and L. G. M. Gorris. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 29 : 10-17.
- Han, 2005. *Innovations in Food Packaging*. Department of Food Science University of Manitoba Winnipeg, Manitoba Canada.
- Jongjareonrak, A., S. Benjakul, W. Visessanguan, T. Prodpran and M. Tanaka. 2006. Characterization of edible film from skin gelatin of brownstrip red snapper and bigeye snapper. *Food Hydrocol.*, 20: 492-501.
- Lai, H. M., G. W. Padua and L. S. Wei. 1997. Properties and microstructure of zein sheets plasticized with palmitic and stearic acids. *Cereal Chem.*, 74(1): 83-90.
- McHugh, T. H. and J. M. Krochta. 1994. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible film: Integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J. Agric. and Food Chem.*, 42(4): 841-845.
- Myllarinen, P., R. Partanen, J. Seppala, and P. Forssell. 2002. Effect of glycerol on behaviour of amylose and amylopectin films. *Carbohydrate Polymer*, 50(4), 355 - 361.
- Oses J., I. Fernandez-Pan, M. Mendoza, and J. I. Mate. 2009. Stability of mechanical properties of edible film based on whey protein isolate during storage at different relative humidity. *J. Food Hydrocol.*, 23: 125-131.
- Pavlati, A. E., dan W. Orts. 2009. *Edible Film and Coatings for Food Application*. Chapter 1. *Edible Films and Coating : Why, What and How?*. Springer, New York.
- Reed, T., A. H. Barret, J. Briggs, and M. Richardson. 1998. Texture and storage stability of processed beefsticks as affected by glycerol and moisture levels. *J. Food. Sci.* 63 : 84 - 87.
- Renata C., dos Reis., I. A. Devilla, G. H. H. Oliveira, P. C. Corrêa, D. P. R. Ascheri, A. B. M. Souza and A. C. O. Servulo. 2014. Mechanical properties, permeability and solubility of films composed of yam starch and glycerol. *INVERCIENCIA*, 39: 410-415.
- Safitri, I. Thohari, dan Purwadi. 2014. Karakteristik sifat fisiko-mekanis edible film komposit dengan rasio protein whey dan tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) yang berbeda. <http://fapet.ub.ac.id/wp-content/2014/03/karakteristik...> (Diakses tanggal 27 Agustus 2014)
- Setiani, W., T. Sudiarti, L. Rahmidar. 2013. Preparasi dan karakteristik edible film dari poliblend pati sukun-kitosan. *Valensi*, 3(2): 100-109.

- Sobral, P. J. A., F. C. Menegalli, M. D. Hubinger, M. A. Roques. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible. *J. Food Hydrocol.*, 15: 423-432.
- Sothornvit, R, and J. M. Krochta. 2000. Water vapor permeability and solubility of film from hydrolyzed whey protein. *J. Food Sci.*, 65(4): 700-703.
- Srinivasa, P. C., M. N. Ramesh, and R. N. Tharanathan. 2007. Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films. *Food Hydrocol.*, 21: 1113-1122.
- Taufik, M. 2011. Potensi Kulit Kaki Ayam Broiler sebagai Bahan Dasar Gelatin dan Edible Film. Disertasi, Program Pascasarjana, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Vanin, F. M., P. J. A. Sobral, F. C. Menegalli, R. A. Carvalho, A. M. Q. B. Habitante. 2005. Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films. *Food Hydrocol.*, 19: 899-907.
- Wang, J., J. Sang, and F. Ren. 2010. Study of the physical properties of whey protein: sericin protein-blended edible films. *Eur. Food Res. Tech.*, 231: 109-116.
- Wittaya, T. 2013. Influence of type and concentration of plasticizer on properties of edible film from mung bean protein. *KMITL Sci. Tech. J.*, 13: 51-58.
- Villagomez-Zavala, D. L., C. Gomez-Corona, E. S. M. Matinez and J. P. P. Orozco. 2008. Comparative study the mechanical properties of edible films made from single and blended hydrophilic biopolymer matrices. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*, 7(3): 263-273.
- Yang, L., and A. T. Paulson. 2000. Effects lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. *Food Res. Int.*, 33: 571-578.
- Yoshida, C. M. P. and A. J. Antunes. 2004. Characterization of whey protein emulsion film. *Brazilian J. Chem. Eng.*, 21: 247-252.