

NORI IMITASI LEMBARAN DENGAN KONSEP *EDIBLE FILM* BERBASIS PROTEIN MYOFIBRILLAR IKAN NILA

Nori sheet imitation in form edible film With materials of protein myofibrillar tilapia

Bambang Riyanto*, Wini Trilaksana, Lianny Eka Susyiana

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat
Telepon (0251) 8622915, Faksimili (0251) 8622916.

*Korespondensi: bambangriyanto.ipb@gmail.com;

Diterima 05 Oktober 2014/Disetujui 16 Desember 2014

Abstrak

Nori merupakan makanan tradisional Jepang yang terbuat dari alga merah *Phorphyra* dengan pasar yang sangat besar. *Phorphyra* memiliki aspek ekofisiologis budidaya yang paling sukses, namun pengembangan hanya di Asia Timur yang beriklim subtropis. *Edible film* berbasis material polimer protein myofibrillar merupakan inovasi yang dapat dikembangkan untuk mengantisipasi kebutuhan nori dunia, selain karakteristik khas nori dan *edible film* yang memungkinkan dapat dikembangkan sebagai produk lembaran. Tujuan penelitian adalah mengembangkan formulasi nori imitasi lembaran berkonsepkan *edible film* berbasis protein myofibrillar ikan nila. Protein myofibrillar ikan nila dengan konsentrasi 28% (b/v), 30% (b/v) dan 32% (b/v) dihomogenisasi dengan 3 mL NaOH 1M (pH 11), gliserol 10% (plasticizer), dan larutan daun suji, dilanjutkan pencetakan, pengeringan dan pengasapan (hot smoking). Konsentrasi yang digunakan memberikan pengaruh terhadap ketebalan, kekerasan/kerenyahan, kadar protein, lemak, abu, air, serat pangan dan kalium, namun tidak memberikan pengaruh terhadap kuat tarik. Nori imitasi lembaran dengan bahan dasar protein myofibrillar ikan nila telah sesuai dengan nori komersial pada konsentrasi 28% (b/v).

Kata kunci: *Edible film*, nila, nori, *protein myofibrillar*

Abstract

Nori is a traditional Japanese food made from sea algae *Phorphyra* with a very large market demand. *Phorphyra* have ecophysiological aspects of the cultivation of the most successful, but only on the development of the East Asian subtropical climates. *Edible film* based polymer material of myofibrillar proteins is innovation can be developed to anticipate of those needs. Typical characteristics of nori and the availability of *edible film*, making the development of nori *sheet* imitation is possibly to be conducted. The purpose of the research was to develop formulations imitation nori *sheet* with the idea myofibrillar protein-based *edible film* of tilapia. Homogenisation myofibrillar proteins of tilapia concentration of 28% (w/v), 30% (w/v) and 32% (w/v) was performed with 3 ml of 1M NaOH (pH 11), 10% glycerol (plasticizer), and leaves suji solution, continued by casting, drying and hot smoking. Various concentrations were used and significantly gave effect to the thickness, hardness/fracturability or brittleness, content of protein, fat, ash, water, dietary fiber and potassium, but not for the tensile strength of the nori *sheet* imitation. Nori *sheet* imitation based on myofibrillar proteins of tilapia that characteristically almost equal with commercial nori is a concentration of 28% (w/v).

Keywords: *Edible film*, myofibrillar protein, nori, tilapia

PENDAHULUAN

Nori merupakan makanan tradisional Jepang (*sea vegetables*) yang terbuat dari alga laut *Phorphyra* (Bangiales, Rhodophyta), berupa lembaran tipis (*sheet*) (ukuran 0,2

mm yang tersusun 10-20 lapisan), dipotong halus dengan ukuran seragam-kizaminori atau aonori), dikeringkan (*dried* nori) atau disertai bumbu atau dipanggang (*seasoned* and *toasted* nori-ajitsuke nori atau okazunori

atau mominori) (Levine & Sahoo 2010). Tekstur nori berbentuk kering halus (*hoshi nori*), berwarna hitam cerah dan berkilau karena kandungan pigmen *Porphyran* (sekitar 40% pada *dried nori*) (Zhanget *al.* 2004a). Noridisajikan sebagai hiasan dan penyedap masakan (*donburi* atau *chirashizushi*), lauk pauk (*ajitsuke nori* atau *okazunori* atau *mominori*), dan makanan ringan (*senbei*). Sejarah Cina mencatat, nori telah dimanfaatkan sebagai makanan dan obat-obatan sejak dinasti Chi Han, 300 tahun sebelum masehi (Mouritsen 2013).

Porphyran merupakan konstituen utama nori yang tidak terdapat pada hewan dan tanaman *terrestrial* (Fujiwara 1961). *Porphyran* merupakan pigmen protein (*phycobiliproteins*) yang merupakan *light-harvesting accessory pigments*, dengan komponen berupa *phycoerythrobilin* (kromofor, senyawa linear tetrapyrrole) dan apoprotein (Jiang *et al.* 1999). *Porphyran* diketahui memiliki komponen *therapeutic* (*antitumor*, *anti hipertensi* dan *antihyperlipidemic polysaccharides*) (Takahashi *et al.* 2000), serta antioksidan peptida (*carnosine* dan *anserine*) yang dapat bekerja secara sinergis dengan α -tokoferol (Tamura *et al.* 1998). *Phycoerythrin* juga telah dilaporkan memiliki aktivitas hepatoprotektif (Soni *et al.* 2009).

Rasa lezat (*umami*) nori dikarenakan kandungan *free amino acid* (*alanine*, *asam glutamate*, *taurin*, *asam aspartate*) dan 5'-nucleotida *inosin* (Noda & Horiguchi 1975, Araki *et al.* 1997, Mouritsen *et al.* 2012). Nori kaya akan vitamin (Yamada *et al.* 1999, Takenaka *et al.* 2001), mineral dan serat pangan (Yumiko *et al.* 1993) dan juga mengandung *iodium* (Zava & Zava 2011), *asam lemak tidak jenuh rantai panjang*, *karotenoid* (Shimma & Taguchi 1966), *mycosporine-like amino acid* (Yoshiki *et al.* 2009).

Produksi nori tahunan Jepang umumnya 8,9 milyar lembaran. Pertumbuhan ekspor nori Jepang ke Amerika Serikat selama tahun 1976-1985 telah mencapai 23%. Permintaan

nori pasar Amerika Serikat pada tahun 1991 mencapai US\$ 25 juta dan diperkirakan terus meningkat 12-15% tiap tahunnya (Merrill 1993). Saat ini, perdagangan nori dunia telah mencapai lebih dari US\$ 2milyar, dimana 1 lembaran (*sheet*) nori dengan berat 3 g seharga US\$ 10. Tahun 2008 tercatat sekitar 21,6 milyar nori lembaran telah diolah dan diperdagangkan (65.000 metrik ton), hal ini menunjukkan perkembangan yang pesat terutama dalam pemanfaatannya sebagai pembungkus sushi (Mouritsen 2013).

Kajian fenologi (perkembangan organisme dalam menanggapi perubahan lingkungan) menunjukkan bahwa *Porphyra* merupakan alga merah dengan ekofisiologis pengembangan budidaya yang paling sukses di daerah subtropis Asia Timur (Luning 1991). *Porphyra* memiliki siklus hidup *heteromorphic biphasic* dengan musim fertilasi yang panjang. Sebagian besar *Porphyra* menunjukkan pola rekrutmen musiman, dengan perkembangan gametofit musiman yang berbeda (Varela-Alvarez *et al.*, 2007). Suhu dan penyinaran juga terbukti memiliki pengaruh yang kuat pada pola fenologi dan morfologi spesies ini (Israel 2010). *Porphyra* sangat populer di Asia Timur, seperti di Korea dengan nama "kim atau gim" dan di Cina dengan istilah "zicai atau hitai" (Sahoo *et al.* 2002), bahkan sampai ke Hawaii yang dikenal sebagai "limu pahe'e" dan Selandia Baru dengan sebutan "Karengo". Amerika Serikat, Canada dan Inggris menyebutnya dengan "Laver", sedangkan Irlandia dengan "Purple laver" (McDermid & Stuercke 2003). Komposisi kimia *Porphyra* adalah 78,2% gula, 49,5% galaktosa, 17,5% 3,6-anhidro galaktosa dan kandungan sulfat bebas 2,0%, sulfat terikat 5,6%, serta kadar abu 9,1% dan kadar protein 0,9% (Anderson & Rees 1965; Zhang *et al.* 2004b).

Kebutuhan nori yang demikian besar dan keterbatasan ketersediaan *Porphyra* yang hanya dikembangkan secara intensif di Asia Timur, Riyanto *et al.* (2007) membuat nori yang diberi bumbu dan dipanggang (*seasoned and toasted nori-ajitsuke nori*) daritepung agar

jenis *Gelidium sp.* dan berhasil menyerupai nori lembaran dengan teknik *edible film*. Karakteristik nori ini meliputi ketebalan 0,07-0,212 cm/120 cm², kuat tarik 36,37-97,5 kgf/cm², kekerasan 150-858,33 gf, kadar air 17,64-27,45, dan berwarna hitam kehijauan (oHUE 86,42). Karakteristik visual yang mirip dengan nori lembaran telah menginspirasi pengembangan nori dengan bahan lain melalui teknologi *edible film*.

Han (2014) mencatat perkembangan *edible film* dan coating, yaitu telah mengarah pada material polimer alami, pengembangan pembawa komponen bioaktif dan nanopartikel. Wu *et al.* (2002) melaporkan bahwa material polimer alami *edible film* utamanya adalah polisakarida, protein, lipid, dan resin atau komposit berbagai polimer alami. Karakteristik fisik dan kimia polimer alami, terutama hidrofilik atau hidrofobik atau keduanya, sangat mempengaruhi *edible film* dan coating yang dihasilkan. Alga laut sebagian besar mengandung karbohidrat 10-30% (protein 9-14%, lipid 3-5%) dengan polisakarida berupa galaktan (karagenan dan agars) atau uronates (alginat) (Parthiban *et al.* 2013). Meskipun memiliki monomer sederhana, tetapi struktur konformasinya sangat rumit. Hidrokoloid alga laut memiliki muatan negatif yang sangat luar biasa pada gugus hidroksil dari hidrofiliknya, sehingga ikatan hidrogen memainkan peran penting dalam pembentukan dan karakteristik reologi dari *edible film* yang dihasilkan.

Menurut historis, protein telah digunakan sebagai casing sosis. Karakteristik mekanik dan penghalang (*barrier*) *edible film* berbasis protein umumnya lebih baik daripada film berbasis polisakarida. Protein memiliki struktur yang spesifik (memiliki 20 monomer yang berbeda) yang menganugerahkan lebih luas potensi sifat fungsionalnya, terutama ikatan antar molekul yang tinggi. Protein dapat membentuk ikatan pada posisi yang berbeda sebagai fungsi dari suhu, kelarutan, pH, dan karakteristik aditifnya (*plasticizer*, agen pengikat). Konsentrasi protein, pH, suhu,

waktu, kekuatan ion, dan kehadiran aditif, mampu memodifikasi kekuatan protein-protein dan interaksi protein-air, dengan demikian mengubah sifat fungsionalnya.

Edible film hasil perikanan lebih banyak mengarah pada material berbasis protein, misalnya protein cumi (Leerahawong *et al.* 2011), udang (Gómez-Estaca 2014), kolagen-gelatin ikan (Sobral *et al.* 2001, Gomez - Guillen *et al.* 2009, Santos *et al.* 2014), isolat protein ikan (Rocha *et al.* 2013), bahkan Cuq *et al.* (1995) melaporkan pertama kali pengembangan protein *myofibrillar* (surimi). Penelitian *edible film* berbasis protein surimi, diantaranya penggunaan berbagai jenis ikan, contohnya alaska pollack (Shiku *et al.* 2004), tilapia dan nila (Paschoalick *et al.* 2003, Sobral *et al.* 2005, Garcia *et al.* 2004, García & Sobral 2005, Tongnuanchan *et al.* 2011, Oujifard *et al.* 2013), bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) (Chinabhark *et al.* 2007), blue marlin (*Makaira mazara*) (Hamaguchi *et al.* 2007), round scad (*Decapterus maruadsi*) (Artharn *et al.* 2007, Benjakul *et al.* 2008.), jenis protein *myofibrillar*-surimi (Cuq *et al.* 1995, Cuq *et al.* 1997, Shiku *et al.* 2003, Trilaksani *et al.* 2007) dan protein larut air pencucian surimi (Iwata *et al.* 2000, Bourtooma *et al.* 2006, Trilaksani *et al.* 2008).

Araki *et al.* (1984) dan Nagahama *et al.* (2004) menyampaikan bahwa keunikan lain dari *dried laver* nori adalah warna hijau dari kandungan klorofil yang dimilikinya, yang meliputi pheophytin a plus carotenoids, chlorophyll a, pheophorbide a, chlorophyllide a. Rahayu & Limantara (2005) menyampaikan dari 17 genus tanaman yang terdiri dari 65 spesies untuk pewarna makanan, menunjukkan bahwa daun suji (*Pleomele angustifolia* NE Brown) yang sudah tua (ditunjukkan dengan daun nomor 5-7 dari pucuk batang) menempati urutan ke-2 tertinggi setelah daun landep (*Baleria pulina* Lind L.). Daun suji segar memiliki kadar klorofil total sebesar 3773,9

ppm yang terdiri dari klorofil-a sebesar 2524,6 ppm dan klorofil-b 1250,3 ppm. Hasil analisis kadar air sebesar 73,25% (bb), diperoleh kadar klorofil daun suji sekitar 1,4% (bk), lebih besar dari rata-rata kadar klorofil suatu daun (1%). Daun suji juga memiliki fungsi fisiologis, diantaranya kemampuan pengikat kolesterol (Sari 2005) dan memiliki aktivitas antioksidan serta daya hipokolesterolemik (Prangdimurti 2007).

Permintaan nori yang semakin meningkat, karakteristik khas nori dan teknologi *edible film* berbasis protein, maka penelitian ini menjadi sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan ini adalah mengembangkan formulasi nori imitasi lembaran berkonsepkan *edible film* berbasis protein *myofibrillar* ikan nila.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah surimi ikan nila (Park *et al.* 2013 dengan modifikasi jumlah pencucian), larutan NaOH 1 M (Merck), larutan gliserol 10% (*plasticizer*), ekstrak air daun suji (daun suji kondisi petik, dengan metode ekstraksi modifikasi Prangdimurti 2007), dan nori komersil sebagai pembanding dengan merk X yang diperoleh dari Supermarket Carrefour-Depok. Bahan-bahan pengujian meliputi bahan analisis proksimat, kadar serat makanan, mineral (kalium). Alat-alat yang digunakan adalah *food processor*, laboratory *hot plate magnetic stirrer* HI 190 M-2, saringan nilon (150 mesh), cetakan kaca berukuran 12 x 10 x 3 cm, viskometer Brookfield LV (spindle 3-5, 40-50 rpm), dan *laboratory oven merk* Yamato DS400 (kapasitas 99 L, akurasi $\pm 10^{\circ}\text{C}$). Alat analisis sifat fisika meliputi *microcal mizo* (ketelitian 0,001 mm), *tensile strength and elongation tester zwick/roell z005*, rheoner re 3305 merk Yamaden, konica minolta cr-300 *chroma meter* (model sistem iluminasi/0 deg dilengkapi dengan lampu pulsed xenon arc-PXA), water activity meter WA-360 Iwate Shibaura Electronics. Alat pengujian kimia contohnya

kjeldahl digestion units - DK series (kisaran suhu: ambient sampai $450^{\circ}\text{C}/842^{\circ}\text{F}$, ketepatan suhu pemanasan blok: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) dan UDK 129 kjeldahl distillation unit, *soxhlet extraction apparatus (mode of heating: water-bath, warming time: 10min, recycle rate: $\geq 80\%$, temperature range: $5-90^{\circ}\text{C}$)*, muffle furnace (ukuran chamber 4 x 4 x 9 inch, temperature range ambient 1150°C), dan AA-6200 *atomic absorption spectrophotometer* merk Shimadzu.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Surimi dari Ikan Nila (Park *et al.* 2013 dengan Modifikasi Jumlah Perendaman)

Pembuatan surimi diawali dengan pembuatan fillet ikan nila segar, penggilingan daging ikan hingga halus dan lumat. Perendaman dilakukan dengan air dingin (suhu 50°C) selama 10 menit dengan perbandingan air dan daging lumat 3:1, serta sebanyak 1 X proses (Eryanto 2006) dalam menghasilkan kekuatan gel terbaik untuk surimi daging ikan nila. Tahap selanjutnya penyaringan dengan menggunakan kain blacu. Surimi yang dihasilkan dihomogenkan dengan gula (*cryoprotectant*) 2% (b/b) menggunakan *food processor* dandikemas plastik (polietilen densitas tinggi-HDPE), selanjutnya disimpan dalam freezer suhu -150°C selama 1 hari, sebelum dilakukan pembuatan nori imitasi lembaran dengan teknik *edible film*.

Pembuatan Nori Imitasi Lembaran dengan Formula Berbasis Protein *Myofibrillar* Surimi melalui Teknik *Edible Film* (Shiku *et al.* 2003 dengan Modifikasi Penambahan Ekstrak Larutan Daun Suji)

Formula protein *myofibrillar* surimi yang dicobakan terdiri dari 3 (tiga) jenis konsentrasi, yaitu 28% (b/v), 30% (b/v) dan 32% (b/v). Surimi ikan nila yang telah di-thawing selama 1 jam dipersiapkan dan ditimbang masing-masing sebanyak 14 gram, 15 gram dan 16 g, selain itu dipersiapkan ekstrak larutan daun suji (pembuatan merupakan modifikasi Prangdimurti (2007),

dengan hanya mencampur air dan daun suji perbandingan 1 : 6 untuk selanjutnya di-blender).

Penghomogenan dilakukan menggunakan *laboratory hotplate magnetic stirrer* dengan kecepatan maksimal (800 rpm), lama 20 menit pada suhu 500°C. Selama penghomogenan ditambahkan 3 mL NaOH 1M (pH 11), gliserol 10% (*plasticizer*), larutan daun suji sampai mencapai 50 mL, setelah itu dilakukan penyaringan dengan kain nilon (150 mesh). Kondisi larutan hasil penyaringan yang digunakan memiliki nilai viskositas $69,24 \pm 4,62$ cP yang diukur dengan viskometer Brookfield LV (spindle 3-5, 40-50 rpm) yang dioperasikan sesuai ASTM D789 2007.

Pencetakan dilakukan pada plat kaca berukuran 12 x 10 x 3 cm (ketinggian larutan yang dituangkan 3 mm). Tahap selanjutnya pengeringan menggunakan *laboratory oven* Yamato DS400 (kapasitas 99 L, akurasi $\pm 10^\circ\text{C}$) suhu 50°C selama 22 jam. Nori imitasi lembaran (*edible film*) yang terbentuk kemudian dilepaskan dari cetakan. Tahap berikutnya dilakukan pengasapan (*hot smoking*) dengan sumber asap tempurung kelapa, selama ± 1 jam dan suhu $\pm 70^\circ\text{C}$.

Analisis Nori Imitasi Lembaran

Analisis fisika dan kimia nori imitasi lembaran (*edible film*) dilakukan dengan acuan dasar berbagai karakteristik nori kering lembaran (*dried laver nori*) (Ogawa *et al.* (1991), Ono *et al.* (1993), Yanagisawa *et al.* (1993), antara lain berupa ketebalan (*thickness*), kuat tarik (*tensile strength*), kekerasan/kerenyahan (*hardness/fracturability* atau *brittleness*), dan warna. Kandungan kimia mengacu berbagai kajian mutu nori kering lembaran (*dried laver nori*), antara lain kadar air, protein, lemak, abu (Zhang *et al.* 2004b), kadar serat pangan (Yoshie *et al.* 1994), aktivitas air (Araki *et al.* 1985) dan mineral kalium (Nagahama *et al.* 2004, Rao *et al.* 2007).

Ketebalan/*thickness* (Δx) diukur dengan *Microcal Mizo* (ketelitian 0,001 mm), yang dioperasikan sesuai ASTM D882 2012. Nilai

ketebalan direpresentasikan untuk nori berukuran 1,5 cm² yang diukur pada 5 titik berbeda. Rataan nilai dilakukan 2 kali ulangan dengan 3 kali pengukuran (triplo).

Kuat tarik (*tensile strength*) atau kemuluran (*elongation at break*) diukur menggunakan *Tensile Strength and Elongation Tester Zwick/Roell Z005* yang dioperasikan sesuai ASTM D882 2012. Sampel dengan lebar 250 mm dan panjang ≥ 4 inci dikondisikan dalam ruangan bersuhu 20°C, RH 50% (menggunakan larutan jenuh NaBr) selama 24 jam sebelum pengujian. Alat ukur diset pada initial grip separation 10 cm (± 4 inci), kecepatan *cross head* 50 mm/menit. Pengukuran dilakukan minimal 5 kali pengulangan. Hasil ditampilkan dalam output kurva pada computer menggunakan *software TestXpert Tensile Tester for Zwick/Roell*. Kuat tarik/*tensile strength* (TS dalam Pascal) atau kemuluran/elongation at break (EB dalam %).

Kekerasan/kerenyahan (*hardness / fracturability* atau *brittleness*) diukur menggunakan Rheoner Re-3305 merk Yamaden. Kondisi operasi alat adalah load scale : 2000 g, table : 1 mm/s, chart speed : 40 mm/min, jarak penekanan : 1000 x 0,01 mm, ukuran silinder probe : diameter 3 mm, dan beban 50 g pada skala penuh.

Pengukuran intensitas warna menggunakan metode Hunter (L, a dan b) dengan Konica Minolta CR-300 Chroma Meter.

Pengujian kimia disesuaikan dengan Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 14th Edition (1984). Aktivitas air diukur dengan *Water Activity Meter* WA-360 Iwate Shibaura Electronics (keakuratan $\pm 0,003$) dan diverifikasi dengan standar garam bebas sesuai AOAC 978.18. Penentuan kadar air dilakukan dengan metode oven udara pada suhu 100-105°C sampai diperoleh berat konstan, yang dioperasikan sesuai AOAC 14.003. Jumlah nitrogen ditentukan dengan menggunakan metode Kjeldahl melalui penghancuran sampel dalam *Sarge digestion system*, diikuti dengan distilasi nitrogen (Tecnal Model TE-036/1), protein

kasar dihitung dengan faktor pengalihan sebesar 5,7 sesuai AOAC 2,055. Kadar lemak ditentukan dengan mengekstrak sampel menggunakan pelarut lemak (petroleum eter) menggunakan metode sokhlet dengan waktu refluks 5 jam, sesuai AOAC 7,062. Kadar abu ditentukan berdasarkan metode gravimetri dengan membakar sampel menggunakan tanur pengabuan bersuhu 500-550°C selama 1 jam, yang disesuaikan dengan AOAC 14.006.

Serat makanan ditentukan dengan metode enzimatik gravimetri, total serat pangan disesuaikan dengan AOAC 985.29, serat pangan tidak larut disesuaikan dengan AOAC 991.42 dan serat pangan larut disesuaikan dengan AOAC 993.19.

Penetapan kandungan kalium mengacu pada operasional AOAC 974.27 yang dilakukan menggunakan AA-6200 *Atomic Absorption Spectrophotometer* Merk Shimadzu (spesifikasi *Configuration Double Beam*, tipe lampu Hollow-Cathode dan Deuterium, serta sistem pemanasan dengan nyala api (*Vaporization Flame Air/C₂H₂* and *N₂O/C₂H₂*). *Wavelength Range* kalium 766,5 A°, dengan batasan deteksi 0,002 dan kisaran kerja 0,1-5 µg logam mL). Pengukuran dilakukan dengan melarutkan residu sampel menggunakan larutan HCl 25%, setelah dihilangkan kandungan bahan organiknya menggunakan pengabuan basah.

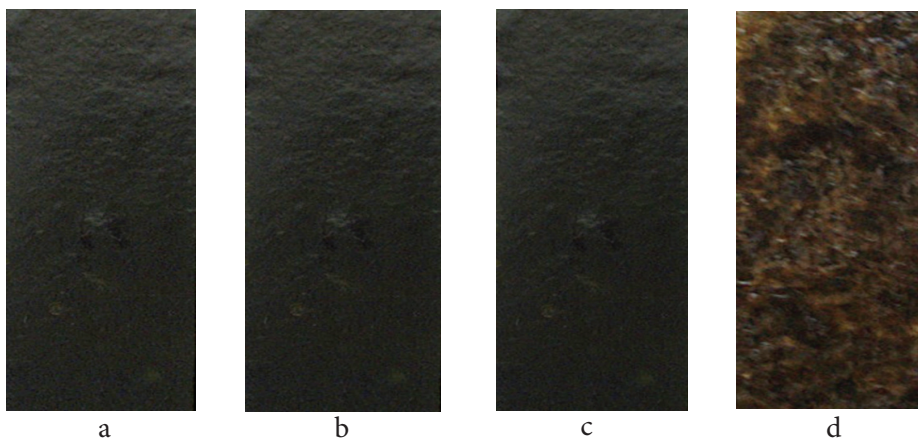
Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan ini merupakan rancangan acak lengkap satu faktor (Steel and Torrie 1993), berupa formula protein *myofibrillar* surimi konsentrasi 28% (b/v), 30% (b/v) dan 32% (b/v) dengan ulangan 3 kali. Data yang diperoleh diuji kenormalannya sebelum dilakukan analisis ragam, apabila ada satu perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap respon yang diamati, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Data diolah menggunakan IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) *Statistics versi 21*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk Visual Nori Imitasi Lembaran

Secara visual nori imitasi lembaran memiliki tekstur halus di satu sisi dan mengkilap disisi lain (akibat cetakan plat kaca yang digunakan), dan dapat dilipat untuk diaplikasikan sebagai pembungkus sushi. Warna yang dihasilkan hijau kegelapan. Ukuran 10 x 12 cm dengan rata-rata berat ($3,80 \pm 0,54$) g (Gambar 1). Berdasarkan komponen bahan penyusun, jumlah penambahan bahan serta proses pengeringan dan pengasapan, nilai rata-rata rendemen nori imitasi lembaran adalah $25,17\% \pm 1,89$. Adapun nori komersial memiliki tekstur kasar, menyerupai kertas dan berwarna hijau kegelapan, dengan ukuran 10 x 19 cm dan berat 2,8 gram.



Gambar 1 Nori imitasi lembaran protein *myofibrillar*; a) konsentrasi 28%, b) konsentrasi 30%, c) konsentrasi 32%, d) nori komersial

Karakteristik Fisika Nori Imitasi Lembaran Ketebalan

Nilai ketebalan terendah dihasilkan pada nori imitasi lembaran menggunakan formula protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) yaitu $372,00 \pm 19,50 \mu\text{m}$, dan nilai ketebalan tertinggi dihasilkan formula protein *myofibrillar* konsentrasi 32% (b/v) yaitu $484,33 \pm 31,16 \mu\text{m}$, sedangkan ketebalan nori komersial adalah $193,78 \pm 18,55 \mu\text{m}$ (Tabel 1). Analisis ragam menunjukkan protein *myofibrillar* dengan berbagai konsentrasi memberikan pengaruh terhadap ketebalan nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), namun konsentrasi 30% (b/v) tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 32% (b/v).

Perbedaan ketebalan nori imitasi lembaran diduga ditimbulkan dari kelarutan protein *myofibrillar* akibat denaturasi menggunakan basa (NaOH 1M) pada pH 11 selama proses pembuatannya. Cuq *et al.* (1995) melaporkan bahwa nilai pH sangat mempengaruhi tingkat kekentalan atau viskositas dari kelarutan protein *myofibrillar*. Variasi tingkat kekentalan atau viskositas tersebut sangat berkaitan dengan redistribusi kekuatan tarik menarik dan tolak menolak keadaan ionisasi rantai asam amino penyusunnya. Martins *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa pembentukan grup karboksilat akibat protonasi rantai asam amino asparagin dan glutamat selama pengasaman telah memicu muatan positif (NH_3^+) dari asam amino

tersebut. Perilaku serupa diamati selama kebiasaan, dimana konsekuensi timbulnya muatan negatif dapat diakibatkan deprotonasi yang memicu muatan negatif (COO^-) dari asam amino yang ada.

Dangaran (2009) melaporkan bahwa ketebalan terbentuk karena adanya pemekaran atau pengembangan molekul protein yang terdenaturasi sehingga membuka gugus reaktif rantai polipeptida. Ikatan antara gugus-gugus reaktif protein tersebut akan menahan seluruh cairan sehingga terbentuk gel. Cairan yang terpisah dari protein yang terkoagulasi, maka protein akan mengendap dan menghasilkan lembaran film. Cuq (2002) menyampaikan bahwa pembentukan film dari protein terjadi melalui tiga tahap, yaitu denaturasi protein (pemutusan rantai intermolekular protein dengan pelarutan atau perlakuan panas), interaksi antar rantai protein membentuk struktur tiga dimensi baru dan stabilisasi lapisan yang terbentuk (membentuk kohesif dan matriks berkesinambungan-*cohesive* and *continuous matrix*).

Jika dibandingkan dengan nori komersial, nori imitasi lembaran lebih tebal. Takaokaya USA Inc. memperlihatkan proses pembuatan nori komersial yang telah dilakukan secara modern dengan menggunakan mesin pengolahan Nishihatsu Company yang menghasilkan nori kering lembaran (*dried nori*) sebanyak 16.800 lembar setiap 3 jam (5.600 lembar/jam). Mesin pembuatan nori kering lembaran ini melakukan semua tahapan proses tradisional pengolahan nori, yang meliputi pencucian, pencampuran nori

Tabel 1 Karakteristik fisika nori imitasi lembaran pada berbagai formula protein *myofibrillar* dan nori komersial

Formula protein <i>myofibrillar</i>	Ketebalan (μm)	Kuat tarik (kgf/cm^2)	Kekerasan (gf)
Konsentrasi 28% (b/v)	$372,00 \pm 19,50\text{a}$	$309,21 \pm 32,82\text{a}$	$428,33 \pm 224,18\text{a}$
Konsentrasi 30% (b/v)	$431,11 \pm 3,85\text{b}$	$322,52 \pm 99,19\text{a}$	$1308,33 \pm 54,08\text{b}$
Konsentrasi 32% (b/v)	$484,33 \pm 31,16\text{b}$	$458,35 \pm 42,89\text{a}$	$1470,00 \pm 110,60\text{b}$
Nori komersial	$193,78 \pm 18,55$	$653,35 \pm 122,05$	$890,00 \pm 128,16$

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

yang telah dilumatkan dengan air tawar, pembentukan lembaran dasar, pengepresan, dan pengeringan. Adapun nilai bentuk ketebalan nori imitasi lembaran diduga masih terlalu tebal, karena jumlah larutan protein *myofibrillar* surimi yang dituangkan dalam wadah pencetak serta keterkaitannya dengan kecepatan dan lama waktu pengeringan.

Kuat Tarik

Kuat tarik nori imitasi lembaran terendah dihasilkan formula dengan protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) yaitu $(309,21 \pm 32,82 \text{ kgf/cm}^2)$ dan nilai kuat tarik tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 32% (b/v) yaitu $(458,35 \pm 42,89 \text{ kgf/cm}^2)$, sedangkan kuat tarik nori komersial adalah $653,35 \pm 122,05 \text{ kgf/cm}^2$ (Tabel 1). Analisis ragam menunjukkan konsentrasi protein *myofibrillar* tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tarik nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%).

Semakin tinggi kandungan protein dalam larutan dapat menyebabkan makin meningkatnya penggabungan intermolekular sehingga kelompok polar yang berikatan meningkat pula. Peningkatan ini menyebabkan penyerapan air disekitarnya dan kemudian terjatoh di antara matriks tiga dimensi. Penggabungan ikatan akan sangat kuat jika melibatkan ikatan hidrogen, hidrofobik dan interaksi ion sehingga kuat tarik meningkat (Chinabark *et al.* 2005).

Kuat tarik dapat juga disebabkan oleh kandungan air yang terdapat dalam formula, makin besar konsentrasi yang digunakan maka kandungan air yang terdapat dalam bahan semakin rendah. Krochta (2002) melaporkan bahwa air sangat penting dalam pembentukan film dari protein. Kandungan air yang berlebihan akan memperlemah kekuatan ikatan kimia secara keseluruhan sehingga nilai kuat menjadi rendah.

Kuat tarik nori komersial yang tinggi disebabkan kandungan bahan penyusunnya, yaitu *Porphyran*. Konstituen utama *Porphyran* mengandung 78,2% gula, 49,5%

galaktosa, 17,5% 3,6-anhidrogalaktosa dan sulfur bebas 2,0% serta sulfur terikat 5,6% (Anderson & Rees 1965), yang dapat berfungsi sebagai pembentuk gel. Pembentukan gel terjadi dengan adanya pengikatan silang rantai-rantai polimer sehingga membentuk suatu jala tiga dimensi bersambungan dan jala ini dapat menangkap atau mengimobilisasikan air didalamnya sehingga membentuk struktur yang kuat dan kaku sehingga menyebabkan kuat tarik nori komersial yang berbahan baku *Porphyra* sp. sangat tinggi.

Kekerasan/Kerenyahan

Kekerasan/kerenyahan nori imitasi lembaran yang terendah dihasilkan dari formula protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) yaitu $428,33 \pm 224,18 \text{ gf}$ dan nilai kekerasan yang tertinggi menggunakan 32% (b/v) yaitu $1470,00 \pm 110,60 \text{ gf}$, sedangkan nori komersial hanya mempunyai nilai kekerasan yaitu $890,00 \pm 128,16 \text{ gf}$ (Tabel 1). Analisis ragam menunjukkan protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNT menunjukkan bahwa konsentrasi 28% (b/v) memiliki nilai yang berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), namun konsentrasi 30% (b/v) tidak berbeda nyata dengan 32% (b/v).

Carechee *et al.* (1995) melaporkan bahwa elastisitas kamaboko (ashi), yang merupakan produk pengembangan dari surimi, sangat dipengaruhi pembentukan gel (gelasi) saat proses pemasakan dilakukan. Gel suwari tidak hanya terbentuk oleh hidrasi molekul protein, tetapi juga oleh pembentukan jaringan dari ikatan hidrogen pada molekul miofibril. Gel suwari terbentuk dengan cara menahan air di dalam ikatan molekul yang terbentuk oleh ikatan hidrofobik dan ikatan hidrogen. Pembentukan gel suwari terjadi pada pemanasan dengan suhu mencapai 50°C. Jika pemanasan ditingkatkan hingga diatas suhu 50°C (suhu 50-60°C selama 20 menit), maka struktur gel tersebut akan hancur yang disebut

dengan fenomena modori, karena pada rentang suhu tersebut enzim alkali proteinase akan aktif. Enzim tersebut dapat menguraikan kembali struktur jaringan tiga dimensi gel yang telah terbentuk sehingga gel surimi akan menjadi rapuh dan hilang elastisitasnya.

Nori imitasi lembaran yang terbentuk terjadi dengan melewati secara cepat zona rentang suhu dimana modori terjadi, yaitu pasta surimi dipanaskan pada suhu 50-60°C selama 20 menit. Gel elastis terbentuk ketika pasta daging dipanaskan dengan melewati zona suhu modori. Proses pemanasan ini terbentuk jaringan dengan dimensi yang lebih besar yang disebut gel ashi. Oleh karena itu tingkat kekerasan nori imitasi lembaran yang dihasilkan cenderung tidak renyah atau keras (liat).

Warna

Nilai rata-rata intensitas warna nori imitasi lembaran yang diperoleh adalah nilai L memiliki kisaran 33,6478 hingga 34,7300, nilai a berkisar antara -0,1800 hingga -0,4744, nilai b berkisar antara -0,6000 hingga -0,9756 dan nilai HUE berkisar antara 219,8111 hingga 238,0667 sedangkan nilai C berkisar antara 1,3167 hingga 1,4889. Berdasarkan rataan nilai tersebut, intensitas warna nori imitasi lembaran yang dihasilkan memiliki warna biru kehijauan dan sebanding dengan nori komersial (Tabel 2).

Warna nori imitasi lembaran berupa biru kehijauan berasal dari zat warna alami daun suji. Warna nori imitasi lembaran juga dipengaruhi oleh pengasapan. Pengasapan

telah merubah warna menjadi kuning emas sampai kecoklat-coklatan. Warna ini dihasilkan oleh reaksi kimia phenol dengan O₂ (zat asam) dari udara, sehingga tingkat kecerahan warna nori imitasi lembaran menurun menjadi agak gelap. Objek ketajaman warna, semakin besar konsentrasi maka tingkat ketajaman semakin rendah, hal ini diduga karena protein menyerap warna dari ekstrak daun suji sehingga ketajaman warna yang dihasilkan rendah (Turkmen 2006).

Nori komersial yang berbahan baku dari rumput laut *Porphyra* sp. menghasilkan warna agak kemerahan dan lebih gelap dari nori imitasi lembaran, hal ini disebabkan kandungan klorofil a, karotenoid dan pikosianin (Iwamoto *et al.* 1972). Warna coklat (gelap) kemerahan terjadi karena proses pemanasan atau pemanggangan (Amano dan Noda 1993).

Karakteristik Kimia Nori Imitasi Lembaran Nilai Aktivitas Air (a_w)

Nilai aktivitas air (a_w) terendah dihasilkan pada nori imitasi lembaran dari formula protein *myofibrillar* konsentrasi 32% (b/v) yaitu 0,46 dan tertinggi menggunakan konsentrasi 28% (b/v) yaitu 0,58, sedangkan nilai nori komersial adalah 0,68 (Tabel 3.). Analisis ragam menunjukkan bahwa protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap aktivitas air (a_w) nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* surimi konsentrasi 28% (b/v)

Tabel 2 Kisaran warna nori imitasi lembaran pada berbagai formula protein *myofibrillar* dan nori komersial

Formula protein <i>myofibrillar</i>	Nilai rata-rata				
	L	a	b	°HUE	C
Konsentrasi 28% (b/v)	33,6478	-0,4744	-0,7244	234,5889	1,4889
Konsentrasi 30% (b/v)	34,0456	-0,4467	-0,6000	219,8111	1,4144
Konsentrasi 32% (b/v)	34,7300	-0,1800	-0,9756	238,0667	1,3167
Nori komersial	37,4911	2,6844	2,3989	41,3333	3,6078

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Tabel 3 Karakteristik kimia nori imitasi lembaran pada berbagai formula protein myofibrillar dan nori komersial

Formula protein myofibrillar	Karakteristik kimia					
	Nilai a_w	Kadar air (%bb)	Kadar protein (%bb)	Kadar lemak (%bb)	Kadar abu (%bb)	Kalium (mg/100g)
Konsentrasi 28% (b/v)	0,58±0,00 ^a	12,17±0,18 ^a	66,28±1,33 ^a	0,48±0,06 ^a	4,69±0,10 ^a	1,08±0,02 ^a
Konsentrasi 30% (b/v)	0,52±0,00 ^b	10,47±0,43 ^b	70,83±0,25 ^b	0,79±0,03 ^b	6,04±0,14 ^b	1,26±0,00 ^b
Konsentrasi 32% (b/v)	0,46±0,00 ^c	7,43±0,10 ^c	74,80±0,99 ^c	0,91±0,03 ^c	6,32±0,04 ^c	1,27±0,02 ^c
Nori komersial	0,68±0,01	8,44±1,19	42,50±0,47	0,72±0,02	9,00±0,06	2,16±0,01

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), demikian pula 30% (b/v) dengan 32% (b/v).

Aktivitas air (a_w) nori imitasi lembaran tergolong rendah yaitu 0,20 sampai 0,50, hal ini menunjukkan produk nori imitasi lembaran merupakan produk kering dan kemungkinan mikroorganisme sulit tumbuh (Slade *et al.* 1991). Adapun nori komersial memiliki aktivitas air yang cukup tinggi, yang memungkinkan kapang tumbuh, sehingga pada nori komersial biasanya ditambahkan silika gel yang berfungsi menjaga kelembaban dan mempertahankan masa simpan yang lebih lama.

Rendahnya nilai aktivitas air (a_w) nori imitasi lembaran inididuga sangat dipengaruhi pada aktivitas pembuatannya, terutama tahapan proses pengeringan dengan oven suhu 50°C dan pengasapan panas. Menurut Slade *et al.* (1991), air yang berkurang atau hilang dalam proses tersebut tergolong air tipe II dan III menurut derajat keterikatan air. Berkurangnya air tersebut menyebabkan tidak berkembangnya bakteri dan reaksi-reaksi kimia yang bersifat merusak bahan makanan. Adanya aktivitas pengasapan panas pada tahapan selanjutnya, selain dapat menurunkan kadar air, asap dapat juga digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri, oksidasi lemak dan memberikan *flavor* serta warna pada produk.

Oh *et al.* (2013) melaporkan bahwa klorofil, karotenoid, dan phycobilin pada nori

kering komersial cenderung terdegradasi selama waktu penyimpanan dan degradasi meningkat dengan cepat sejalan dengan makin meningkatnya nilai aktivitas air. Pigmen yang ada, klorofil a cenderung terdegradasi sangat tinggi dan phycoerythrin cenderung lebih stabil dibandingkan phycocyanin. Araki *et al.* (1985) melaporkan bahwa kaitan antara penyerapan air (*water sorption*) dan stabilitas pigmen selama penyimpanan pada nori kering dan panggang (*Yakinori*) dan nori kering (*Hoshinori*). Hasil memperlihatkan bahwa aktivitas daya serap air pada *Yakinori* lebih rendah dibandingkan dengan *Hoshinori*, dan memberikan pengaruh hysteresis pada profil adsorpsi air pada *Yakinori*, namun tidak terjadi pada *Hoshinori*. Selama 3 bulan penyimpanan, degradasi klorofil dan karotenoid cenderung serupa dengan profil *Yakinori*, namun laju degradasi pigmen pada *Yakinori* sangat dipengaruhi mutu dari sampel.

Kadar Protein

Nilai kadar protein terendah dihasilkan pada nori imitasi lembaran dari formula protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) dengan nilai 66,28±1,33% dan tertinggi dengan konsentrasi 32% (b/v) dengan nilai 74,80±0,99%. Kadar protein nori komersial sebesar 42,50±0,47% (Tabel 3). Analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap protein nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ

menunjukkan bahwa protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), demikian juga 30% (b/v) dengan 32% (b/v).

Terlihat bahwa kandungan protein pada nori imitasi lembaran cenderung lebih unggul. Semakin besar konsentrasi protein *myofibrillar* yang ditambahkan maka kandungan protein nori imitasi lembaran semakin meningkat. Tingginya kadar protein pada nori imitasi lembaran sangat jelas berasal dari bahan penyusunnya, yaitu protein *myofibrillar*. Sementara itu, penyusutan nilai protein pada nori imitasi lembaran cenderung tidak signifikan. Adapun kandungan protein nori komersial cenderung lebih rendah, karena berasal dari bahan baku *Porphyra* sp. Noda (1993) menyampaikan bahwa kandungan protein nori yang berasal dari *Porphyra* adalah sebesar 43,6%.

Kadar Lemak

Kadar lemak nori imitasi lembaran terendah dihasilkan dari formula dengan protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) dengan nilai $0,48 \pm 0,06\%$ dan tertinggi menggunakan konsentrasi 32% (b/v) dengan nilai $0,91 \pm 0,03\%$, sedangkan kadar lemak nori komersial sebesar $0,72 \pm 0,02\%$ (Tabel 3.). Analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap kandungan lemak nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* surimi konsentrasi 28% (b/v) berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), demikian juga 30% (b/v) dengan 32% (b/v).

Kandungan lemak nori imitasi lembaran berasal dari bahan baku berupa surimi ikan nila. Kandungan ini sangat dipengaruhi proses pencucian yang dilakukan selama pembuatan surimi. Lin & Park (1996), menyampaikan bahwasaat proses pencucian, protein sarkoplasma, darah dan lemak menjadi larut dengan air. Adapun kandungan lemak untuk nori komersial merupakan lemak yang berasal

dari *Porphyra*. Dawczynskiet *et al.* (2007) melaporkan bahwa kandungan lemak yang dimiliki nori dari *Porphyra* Jepang dan Korea mencapai 2,8%, sedangkan dari Cina sebesar 1%.

Kadar Abu

Kadar abu nori imitasi lembaran terendah dihasilkan dari formula protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) dengan nilai $4,69 \pm 0,10\%$ dan tertinggi menggunakan konsentrasi 32% (b/v) dengan nilai $6,32 \pm 0,04\%$. Kadar abu nori komersial sebesar $9,00 \pm 0,06\%$ (Tabel 3). Analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap kandungan abu nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), demikian pula 30% (b/v) dengan 32% (b/v).

Kadar abu yang dihasilkan nori imitasi lembaran lebih rendah dibandingkan dengan nori yang berbahan baku *Porphyra*, hal ini diduga surimi telah mengalami pencucian sehingga kandungan mineral berkurang. Karthikeyan *et al.* (2006) melaporkan bahwa kadar abu dari surimi yang tidak mengalami pencucian adalah sebesar $1,13 \pm 0,05$ g/100g (bb), sedangkan ketika dilakukan 1 kali pencucian menjadi $0,36 \pm 0,05$ g/100g (bb), dan 3 kali pencucian menjadi $0,15 \pm 0,01$ g/100g (bb).

Berbeda dengan rumput laut *Porphyra*, yang sangat banyak kandungan mineralnya, meliputi : besi (Fe) (Shaw & Liu 2000); zinc/ seng (Zn), sodium dan potasium (Jimenez-Escrig & Goni 1999); fosfor (P), copper/ tembaga (Cu), mangan (Mn) (Noda 1983); selenium (Se) (Horiguchi *et al.* 1971). Noda (1993) menyampaikan bahwa kandungan abu yang dimiliki nori berasal dari *Porphyra* adalah sebesar 7,8%.

Kadar Serat

Kadar serat total nori imitasi lembaran

terendah dihasilkan dari formula protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v) dengan nilai $28,23 \pm 0,36\%$, sedangkan kadar serat larut 9,00% dan kadar serat tidak larut 19,23%. Kadar serat total tertinggi dihasilkan pada nori imitasi lembaran menggunakan konsentrasi 32% (b/v) dengan nilai $37,01 \pm 0,64\%$, sedangkan untuk kadar serat larut 12,94% dan kadar serat tidak larut 24,07%. Adapun kadar serat total nori komersial sebesar $31,67 \pm 0,14\%$ dengan kadar serat larut 8,37% dan kadar serat tidak larut 23,30% (Tabel 4).

Analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap kadar serat total nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* surimi konsentrasi 28% (b/v) memiliki nilai yang berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32% (b/v), demikian juga 30% (b/v) dengan 32% (b/v).

Kadar serat larut (SDF) nori imitasi lembaran pada konsentrasi 28% (b/v), 30% (b/v), 32% (b/v) menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan kadar serat larut pada nori komersial. Rupe rez & Saura-Calixto (2001) melaporkan kandungan serat larut (SDF) nori yang berasal dari rumput laut porphyra tenera sebesar 14,6% (bk) dan nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nori imitasi lembaran yang berbahan baku protein *myofibrillar* serta nori komersial. Kandungan serat larut (SDF) pada nori yang berasal dari rumput laut porphyra tenera bersumber dari komponen utama dinding sel

rumpun laut merah yaitu pektin dan turunan selulosa. Adapun kandungan serat tidak larut (IDF) nori yang berasal dari rumput laut porphyra tenera sebesar 20,4% (berat kering) dan nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nori imitasi lembaran yang berbahan baku protein *myofibrillar* serta nori komersial. Kandungan serat tidak larut (IDF) pada nori yang berasal dari rumput laut porphyra tenera bersumber dari banyaknya komponen utama dinding sel rumput laut merah yaitu galaktan sulfat (agar dan karagenan), xylan, mannan dan selulosa (Lahaye 1991). Kandungan serat larut (SDF) dan tidak larut (IDF) pada nori imitasi lembaran diduga berasal dari penambahan daun suji, penyusun serat terdapat pada tumbuhan daun suji yaitu selulosa dan pektin.

Kandungan Kalium

Kandungan kalium nori imitasi lembaran terendah dihasilkan dari formula konsentrasi protein *myofibrillar* konsentrasi 28 mg (b/v) dengan nilai $(1,08 \pm 0,02 \text{ mg})$, dan tertinggi menggunakan protein *myofibrillar* konsentrasi 32% (b/v) dengan nilai $(1,27 \pm 0,02 \text{ mg})$. Kandungan kalium nori komersial $2,16 \pm 0,01 \text{ mg}$ (Tabel 3).

Analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan protein *myofibrillar* memberikan pengaruh terhadap kandungan kalium nori imitasi lembaran (taraf kepercayaan 95%). Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi 28% (b/v) memiliki nilai yang berbeda nyata dengan 30% (b/v) dan 32%

Tabel 4 Kadar serat nori imitasi lembaran pada berbagai formula protein *myofibrillar* dan nori komersial

Formula protein <i>myofibrillar</i>	Kadar serat (%)		
	Total serat makanan	Serat makanan terlarut (SDF)	Serat makanan tidak terlarut (IDF)
Konsentrasi 28% (b/v)	$28,23 \pm 0,36^a$	$9,00 \pm 0,02^a$	$19,23 \pm 0,37^a$
Konsentrasi 30% (b/v)	$34,15 \pm 0,19^b$	$11,76 \pm 0,10^b$	$22,38 \pm 0,10^b$
Konsentrasi 32% (b/v)	$37,01 \pm 0,05^c$	$12,93 \pm 0,01^c$	$24,07 \pm 0,15^c$
Nori komersial	$31,67 \pm 0,14$	$8,37 \pm 0,06$	$23,3 \pm 0,20$

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

(b/v), demikian juga 30% (b/v) dengan 32% (b/v).

Kandungan kalium yang terdapat pada nori imitasi lembaran berasal dari surimi ikan nila. Sikorski *et al.* (1990) menyatakannya bahwa kandungan mineral yang terdapat pada ikan, antara lain: sodium, potasium (kalium), magnesium, calcium, phosporus dan iodin. Kandungan kalium pada nori komersial bersumber dari rumput laut *Porphyra*. Noda (1993) juga menyatakan bahwa kandungan kalium pada nori mencapai 24 mg, jika dibandingkan dengan kandungan kalium pada nori imitasi lembaran yang berbahan baku protein *myofibrillar* maka kandungan kalium yang dihasilkan sangat rendah. Lebih lanjut Rao *et al.* (2007) melaporkan bahwa komposisi mineral *Porphyra vietnamensis* yang tumbuh pada 7 kawasan pesisir barat India tengah, mempunyai kisaran konsentrasi Kalium sebesar 1,76-3,19 (mg/g). Komposisi mineral tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sayuran tanah serta rumput laut lainnya yang direkomendasikan sebagai sumber gizi, oleh karena itu dapat digunakan sebagai suplemen makanan dan bumbu untuk meningkatkan nilai nutrisi tersebut.

KESIMPULAN

Nori imitasi lembaran dapat dibuat melalui teknik *edible film* dengan bahan dasar protein *myofibrillar* ikan nila. Nori imitasi lembaran menyerupai nori komersial dengan formula protein *myofibrillar* konsentrasi 28% (b/v). Peningkatan kekerasan/kenyahan, fortifikasi kalium atau mineral lainnya, dan keberadaan komponen bioaktif masih sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amano H, Noda H. 1993. Natural occurrence of denaturated phycoerythrin during *Porphyra* cultivation. *Hydrobiologia* 260-261(1) : 535-539.
- Anderson NS, Rees DA. 1965. Porphyran: A polysaccharide with a masked repeating structure. *Journal of The Chemical Society*: 5880-5887.
- AOAC. 1984. Official methods of analysis (14th ed.). [USA] Arlington VA: AOAC Int.
- Araki S, Ogawa H, Oohusa T, Kayama M, Murata N. 1984. A simple and practical method for separation and determination of chlorophyll a and its derivatives in dried laver, "nori", *Porphyra yezoensis*. *Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries* 50(11):1925-1928.
- Araki S, Ma J, Ogawa H, Oohusa T, Kayama M. 1985. Influences of water activity and temperature on water sorption and pigment stability of *toasted* and *dried* laver, "yaki -nori", *Porphyra yezoensis*. *Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries* 51(7):1109-1114.
- Araki S, Izumino Y, Sakurai T, Takahashi K. 1997. Taste evaluation of *toasted* nori, *Porphyra yezoensis*, a red alga by warm water-extract. *Nippon shokuhin kagaku kogaku kaishi* 44(6):430-437.
- Artharn A, Benjakul S, Prodpran T, Tanaka M. 2007. Properties of a protein-based film from round scad (*Decapterus maruadsi*) as affected by muscle types and washing. *Food Chemistry* 103(3):867-874.
- Benjakul S, Artharn A, Prodpran T. 2008. Properties of protein-based film from round scad (*Decapterus maruadsi*) muscle as influenced by fish quality. *LWT-Food Science and Technology* 41(5):753-763.
- Bourtooma T, Chinnanb MS, Jantawata P, Sanguandeeekula R. 2006. Effect of select parameters on the properties of edible film from water-soluble fish proteins in surimi wash-water. *LWT-Food Science and Technology* 39(4):405-418.
- Cheftel JC, Cuq JL, Lorient D. 1985. Amino acids, peptides, and proteins in Fennema OR Food Chemistry 2nd edition. [USA] New York : Marcel Dekker.
- Chinabhark K, Benjakul S, Prodpran T. 2007. Effect of pH on the properties of protein-based film from bigeye snapper

- (*Priacanthus tayenus*) surimi. *Bioresource Technology* 98(1):221–225.
- Careche M, Alvarez C, Tejada M. 1995. Suwari and kamaboko sardine gels: effect of heat treatment on solubility of networks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43(4):1002–1010.
- Cuq B, Aymad C, Cuq J, Guilbert S. 1995. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: formulation and functional properties. *Journal of Food Science* 60(6):1369–1373.
- Cuq B, Gontard N, Cuq JL, Guilbert S. 1997. Selected functional properties of fish myofibrillar protein-based films as affected by hydrophilic *plasticizers*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(3):622–626.
- Cuq B. 2002. Formation and properties of fish myofibrillar protein films and coating. In Gennadios A. Protein-based films and coatings. [USA] Washington DC: CRC Press.
- Dangaran K, Tomasula PM, Qi P. 2009. Structure and function of protein-based edible films and coatings in Huber KC, Embuscado ME. Edible films and coatings for food applications. [Germany] Berlin : Springer.
- Dawczynski C, Schubert R, Jahreis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103(3): 891–899.
- Riyanto I. 2006. Karakteristik surimi fillet ikan nila (*Oreochromis sp*) yang disimpan pada suhu dingin. Tidak Dipublikasikan.
- Fujiwara T. 1961. Studies on chromoproteins in Japanese nori, *Porphyra tenera*. V : on the sugar components of phycoerythrin. *Journal of Biochemistry* 49:361–367.
- Garcia FT, Paulo J, Sobral PJA. 2004. Effect of the thermal treatment of the filmogenic solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle proteins of two varieties of tilapia. *Journal of Food Science and Technology* 38 (3):289–296.
- García FT, Sobral PJDA. 2005. Effect of the thermal treatment of the filmogenic solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle proteins of two varieties of Tilapia. *LWT-Food Science and Technology* 38(3):289–296.
- Gómez-Estaca J, P Montero, MC Gómez-Guillén. 2014. Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) muscle proteins as source to develop edible films. *Food Hydrocolloids* 41:86–94.
- Gomez-Guillen MC, Perez-Mateos M, Gomez-Estaca J, Lopez-Caballero E, Gimenez B, Montero P. 2009. Fish gelatin: a renewable material for developing active biodegradable films. *Trends in Food Science and Technology* 20 (1) : 3–16.
- Hamaguchi PY, WuYin W, Tanaka M. 2007. Effect of pH on the formation of edible films made from the muscle proteins of blue marlin (*Makaira mazara*). *Food Chemistry* 100(3):914–920.
- Han JH. 2014. Edible films and coatings: a review in Han J (Ed). Innovations in Food Packaging. [USA] Washington : Academic Press and Elsevier Ltd.
- Horiguchi Y, Noda H, Naka M. 1971. Biochemical studies on marine algae VI. Concentration of selenium in marine algae and its importance as a trace metal for the growth of lavers. *Bulletin of The Japanese Society for The Science of Fish* 37:996–1001.
- <http://takaokayausa.com>. Steps to Create Nori (*Porphyra*).
- Israel A. 2010. The extreme environments of *Porphyra*, a fast growing and edible red marine macroalga. In Seckbach J, Chapman DJ (Eds.). Red Algae in The Genomic Age, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology vol.13. *Springer Science and Business Media BV*: 61–75.
- Iwata K, Ishizaki S, Handa A, Tanaka M. 2000. Preparation and characterization of edible films from fish water-soluble

- proteins. *Fisheries Science* 66(2): 372–378.
- Iwamoto K, Aruga Y, Ohyadu K. 1972. Change in color of *dried sheet* of laver, hoshinori, under heating and other condition. *Journal of The Tokyo University of Fisheries* 58:1-7.
- Jiang T, Zhang JP, Liang DC. 1999. Structure and function of chromophores in R-phycoerythrin at 1.9Å resolution. *Proteins* 34:224-231.
- Jiménez-Escrig A, Goni CI. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Archivos Latino Americanos de Nutrición* 49 : 114-120.
- Karthikeyan M, Dileep AO, Shamasundar BA. 2006. Effect of water washing on the functional and rheological properties of proteins from threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) meat. *International Journal of Food Science and Technology* 41(9):1002–1010.
- Krochta JM. 2002. Protein as raw materials for films and coatings definitions, current status, and opportunities. In: Gennadios, A (Ed), Protein Based-films and coating. [USA] NewYork: CRC Press.
- Leerahawong A, Arii R, Tanaka M, Osako K. 2011. Edible film from squid (*Todarodes pacificus*) mantle muscle. *Food Chemistry* 124 (1):177-182.
- Lahaye M. 1991. Marine algae as source of fibres: determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 54(4):587-594.
- Levine IA, Sahoo D. 2010. *Porphyra: Harvesting Gold from the Sea*. [India] Bangalore : IK International Pvt Ltd.
- Lin TM, JW Park. 1996. Extraction of proteins from pacific whiting mince at various washing condition. *Journal of Food Science* 61(2):432–438.
- Lüning K. 1991. *Seaweeds, Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York. 527.
- Martins VG, Palezi SC, Costa JAV, Prentice C. 2014. Hydrolysis of insoluble fish protein residue from whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) by fungi. *Brazilian archives of biology and technology* 57(1):96-102.
- McDermid KJ, Stuercke B. 2003. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology* 15(6):513–524.
- Merill JE. 1993. Development of nori markets in the western world. *Journal of Applied Phycology* 5(2):149-154.
- Mouritsen OG, L Williams, R Bjerregaard, L Duelund. 2012. Seaweeds for umami flavour in the new nordic cuisine. *Flavour* 1(4):1-2.
- Mouritsen G. 2013. *Seaweeds: Edible, Available & Sustainable*. [USA] Chicago : University of Chicago Press.
- Nagahama T, Zhang J, Ohwaki H, Ishibashi Y, Fujita Y, Yamazaki S. 2004. Relationship between the metal contents and the chlorophyll SPAD values in *dried* sea laver. *Bunseki Kagaku* 53 (2) : 123-125.
- Noda H. 1993. Health benefits and nutritional properties of nori. *Journal of Applied Phycology* 5(2):255-258.
- Noda H, Horiguchi Y. 1975. Studies on the Flavor Substances of 'Nori', the *Dried Laver Porphyra* spp.-II Free Amino Acids and 5'-Nucleotides. *Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries* 41(12):1299-1303.
- Ogawa H, Oohusa T, Saito T, Iso N, Mizuno H, Fujino A. 1991. Texture of Nori *Porphyra* spp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57(2):301-306.
- Oh S, Shin M, Lee K, Choe E. 2013. Effects of water activity on pigments in *dried* laver (*Porphyra*) during storage. *Food Science and Biotechnology* 22(6):1523-1529.
- Ono M, Yanagisawa Y, Kawai M. 1993. An Examination of instrumental textural evaluation of nori products by texturometer. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 40(2):129-132.
- Oujifard A, Benjakul S, Prodpran T, Seyfabadi

- J. 2013. Properties of red tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein based film as affected by cryoprotectants. *Food Hydrocolloids* 32 : 245-251.
- Park JW, Graves D, Draves R, Yongsawatdigul J. 2013. Manufacture of surimi: harvest to frozen block. In: JW Park. *surimi and surimi seafood* 3rd Ed. [FL] Boca Raton : CRC Press Taylor & Francis Group.
- Parthiban C, Saranya C, Girija K, Hemalatha A, Suresh M, Anantharaman P. 2013. Biochemical composition of some selected seaweeds from Tuticorin coast. *Advances in Applied Science Research* 4(3):362-366.
- Paschoalick TM, Garcia FT, Sobral PJA, Habitate AMQB. 2003. Characterization of some functional properties of edible films based on muscle proteins of Nile tilapia. *Food Hydrocolloids* 17:419-427.
- Labuza TP, Contreras-Medellin R. 1981. Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Foods World* 26(7):335-343.
- Prangdimurti E. 2007. Aktivitas antioksidan dan hipokolesterolemik ekstrak daun suji (*Pleomele angustifolia* NE Brown). Tidak Dipublikasikan.
- Rahayu P, Limantara L. 2005. Studi lapang kandungan klorofil in vivo beberapa spesies tumbuhan hijau di saladiga dan sekitarnya. Seminar Nasional MIPA, FMIPA UI 24-26 November 2005. Depok.
- Rao PVS, Mantri VA, Ganesan K. 2007. Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. *Food Chemistry* 102(1):215-218.
- Riyanto B, Suwandi R, Hasanah H. 2007. Nori imitasi dari tepung agar hasil ekstraksi rumput laut merah *Gelidium* sp. Tidak Dipublikasikan
- RochaMD, Loiko MR, Gautério GV, Tondo EC, Prentice C. 2013. Influence of heating, protein and glycerol concentrations of film-forming solution on the film properties of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) protein isolate. *Journal of Food Engineering* 116(3):666-673.
- Rupe rez P, Saura-Calixto F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds. *European Food Research Technology* 212:349-354.
- Sahoo D, Tang X, Yarish C. 2002. *Porphyra* – the economic seaweed as a new experimental system. *Current Science* 83 (11) : 1313-1316.
- Santos TM, Filho MSMS, Caceres CA, Rosa ME, Morais JPS, Pinto AMB, Azeredo HMC. 2014. Fish gelatin films as affected by cellulose whiskers and sonication. *Food Hydrocolloids* 41:113-118.
- Sari KW. 2005. Studi kemampuan pengikatan kolesterol oleh ekstrak daun suji (*Pleomele angustifolia* NE Brown) dalam simulasi sistem pencernaan in vitro. Tidak Dipublikasikan.
- Shaw N, Liu Y. 2000. Bioavailability of iron from purple laver (*Porphyra* spp.) estimated in a rat hemoglobin regeneration bioassay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(5):1734-1737.
- Shiku Y, Hamaguchi PY, Tanaka M. 2003. Effect of pH on the preparation of edible films based on fish myofibrillar proteins. *Fisheries Science* 69(5):1026-1032.
- Shiku Y, Hamaguchi PY, Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. 2004. Effect of surimi quality on properties of edible films based on Alaska Pollack. *Food Chemistry* 86(4):493-499.
- Shimma Y, Taguchi H. 1966. Studies on Lipids of "Nori", Dry Seaweed-IV. Carotenoid and Fatty Acid Compositions of Marketable Products. *Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries* 32(12):1037-1042.
- Sikorski ZE, Lolakowska A, Pan BS. 1990. The nutritive composition of the major groups of marine food organisms. In: Sikorski ZE (Ed.). *Resources nutritional composition and preservation*, [FL] Boca Raton : CRC Press-Inc.
- Slade L, Levine H, Reid DS. 1991. Beyond

- water activity: recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 30(2-3):115-360.
- Sobral PJA, Dos Santos JS, García FT. 2005. Effect of protein and *plasticizer* concentrations in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai tilapia. *Journal of Food Engineering* 70(1):93-100.
- Sobral PJA, Menegalli FC, Hubinger MD, Roques MA. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids* 15(4-6):423-432.
- Soni B, Visavadiya NP, Madamwar D. 2009. Attenuation of diabetic complications by C-phycoerythrin in rats: antioxidant activity of C-phycoerythrin including copper-induced lipoprotein and serum oxidation. *British Journal of Nutrition* 102(1):102-109.
- Steel RGD, Torrie JH. 1980. Principles and Procedures of Statistics Second Edition. [USA] New York: McGraw-Hill Book Co.
- Takahashi K, Hirano Y, Araki S, Hattori M. 2000. Emulsifying ability of Porphyran prepared from *dried* nori, *Porphyra yezoensis*, a red alga. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(7):2721-2725.
- Takenaka S, Sugiyama S, Ebara S, Miyamoto E, Abe K, Tamura Y, Watanabe F, Tsuyama S, Nakano Y. 2001. Feeding *dried* purple laver (nori) to vitamin B 12-deficient rats significantly improves vitamin B 12 status. *British Journal of Nutrition* 85(6):699-703
- Tamura Y, Takenaka S, Sugiyama S, Nakayama R. 1998. Occurrence of anserine as an antioxidative dipeptide in a red alga, *Porphyra yezoensis*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 62(3):561- 563.
- Tongnuanchan P, Benjakul S, Prodpran T. 2011. Roles of lipid oxidation and pH on properties and yellow discolouration during storage of film from red tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle protein. *Food Hydrocolloids* 25(3) : 426-433.
- Trilaksani W, Riyanto B, Neviana Y. 2007. Edible film berbahan dasar protein surimi ikan rucah. Tidak dipublikasikan.
- Trilaksani W, Riyanto B, Apriani SNK. 2008. Edible film dengan bahan dasar air limbah surimi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Tidak dipublikasikan.
- Turkmen N, ES Poyrazoglu, F Sari, YS Velioglu. 2006. Effects of cooking methods on chlorophylls, pheophytins and colour of selected green vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* 41(3): 281-288.
- Varela-Alvarez E, Stengel DB, Guiry MD. 2007. Seasonal growth and phenotypic variation in *Porphyra linearis* (Rhodophyta) populations on the west coast of Ireland. *Journal of Phycology* 43:90-100.
- Wu Y, Weller CL, Hamouz F, Cuppett SL, Schnepf M. 2002. Development and application of multicomponent edible coatings and films: A review. *Advances in Food and Nutrition Research* 44:347-394.
- Yamada K, Y Yamada, M Fukuda, S Yamada. 1999. Bio-availability of *dried* asakusanori (*Porphyra tenera*) as a source of Cobalamin (Vitamin B-12). *International Journal of Vitamin and Nutrition Research* 69(6):412-418.
- Yanagisawa Y, M Ono, M Kawai. 1993. Sensory and instrumental evaluation of the texture of nori products. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 40(3):187-193.
- Yoshie Y, Suzuki T, Shirai T, Hirano T. 1994. Changes in the Contents of Dietary Fibers, Minerals, Free Amino Acids, and Fatty Acids during Processing of *Dried* Nori. *Nippon Suisan Gakkaishi* 60(1):117-123
- Yoshiki M, Tsuge K, Tsuruta Y, Yoshimura T, Koganemaru K, Sumi T, Matsui T, Matsumoto K. 2009. Production of new antioxidant compound from mycosporine-like amino acid, porphyra-334 by heat treatment. *Food*

- Chemistry* 113(4):1127–1132.
- Yumiko Y, Suzuki T, Hirano T. 1993. Dietary Fiber and Minerals in Various Culture Locations *Dried Nori of and Prices. Nippon Suisan Gakkaishi* 59(10):1763-1767.
- Zava TT, Zava DT. 2011. Assessment of japanese iodine intake based on seaweed consumption in Japan: A literature-based analysis. *Thyroid research* 4(14):1-7.
- Zhang J, Nagahama T, Ohwaki H, Ishibashi Y, Fujita Y, Yamazaki S. 2004a. Analytical approach to the discoloration of edible laver “Nori” in the Ariake Sea. *Analytical sciences* 20:37-43.
- Zhang Q, Li N, Liu X, Zhao Z, Li Z, Xu Z. 2004b. The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its in vivo antioxidant activity. *Carbohydrate Research* 339(1):105-111.