

Aplikasi teknologi pemrosesan tekanan tinggi (HPP) dalam memanjangkan jangka hayat rumpai laut *Gracilaria* segar

(Application of high-pressure processing (HPP) technology to prolong the shelf-life of fresh *Gracilaria*)

Tun Norbrillinda Mokhtar, Raja Arief Deli Raja Nasharuddin, Aida Hamimi Ibrahim, Mohamad Helmi Mohd Arshad dan Ahmad Huzairi Imam Musaniff

Pengenalan

Rumpai laut adalah tumbuhan alga lautan yang penting dalam mengawal ekosistem akuatik. Rumpai laut menjadi sumber makanan, membekal oksigen dan mengawal kandungan karbon dioksida bagi memastikan ekosistem hidupan laut dalam keadaan stabil. Rumpai laut boleh diklasifikasikan kepada rumpai laut coklat (*Phaeophyceae*), rumpai laut merah (*Rhodophyceae*) dan rumpai laut hijau (*Chlorophyceae*). *Gracilaria* merupakan spesies rumpai laut merah yang kaya dengan kandungan nutrisi seperti kalsium dan zat besi serta serat yang baik untuk kesihatan. Terdapat pelbagai spesies *Gracilaria* di perairan Malaysia antaranya ialah *Gracilaria cacalia*, *Gracilaria canaliculata* dan *Gracilaria changii*. *Gracilaria* atau juga dikenali sebagai sayuran laut lazimnya dijadikan sajian masyarakat di sekitar pesisir pantai sama ada dalam bentuk segar mahupun yang telah dikeringkan. Kebiasaannya, rumpai laut ini dimakan dalam bentuk salad (*Gambar 1*) bersama-sama dengan sayuran lain atau bersama protein seperti ikan dengan sedikit perahan limau sebagai perasa. Salah satu contoh hidangan rumpai laut *Gracilaria* yang terkenal di Malaysia ialah kerabu sare (*Gambar 2*).

Gracilaria segar mempunyai jangka hayat yang pendek kerana teksturnya yang berair. Kandungan nutrisi yang tinggi juga menggalakkan pembiakan mikroorganisma sebaik sahaja ia dituai.



Gambar 1. Salad *Gracilaria*



Sumber: www.astroawani.com

Gambar 2. Kerabu sare

Pertumbuhan mikroorganisma yang cepat mempengaruhi jangka hayat *Gracilaria* menjadi singkat dan tidak tahan lama, sekali gus mengehadkan potensi pasaran *Gracilaria*. Lazimnya rumpai laut ini hanya mampu bertahan 3 – 4 hari pada suhu bilik dan 5 – 10 hari pada penyimpanan sejuk dingin. Kaedah pengawetan konvensional yang biasa diguna pakai bagi mengawet rumpai laut adalah kaedah pengeringan yang melibatkan proses pengurangan aktiviti air dalam rumpai laut. Namun, kaedah pengeringan tidak dapat menghapuskan kesemua mikrob terutamanya kumpulan patogen. Justeru, satu kaedah pengawetan lain yang mampu menghapuskan atau mengurangkan kandungan mikroorganisma (mikrob) perosak perlu diteroka bagi memanjangkan jangka hayat rumpai laut ini.

Pemrosesan tekanan tinggi (HPP) merupakan salah satu kaedah pengawetan makanan yang menggunakan tekanan tinggi (sehingga 87,000 paun setiap inci persegi atau 6,000 atmosfera atau 600 MPa) terhadap sesuatu produk makanan. Tekanan tinggi ini akan mengganggu struktur dan fisiologi mikrob, mengakibatkan ketidakaktifan mikrob serta menghapuskan patogen berbahaya dan mikroorganisma perosak yang terdapat dalam makanan. Oleh yang demikian, jangka hayat makanan HPP bukan sahaja dapat dipanjangkan, malah kesegaran semula jadi turut dikekalkan. Teknologi ini dilihat berpotensi mengekalkan kualiti, kesegaran dan keselamatan produk makanan yang sensitif terhadap haba. Selain itu, HPP juga bebas daripada penggunaan bahan kimia atau pengawet dalam pemrosesannya. Justeru, kajian pemrosesan rumpai laut *Gracilaria* dengan penggunaan teknologi HPP telah dijalankan bagi mengkaji dan menilai potensi penggunaan HPP dan seterusnya memanjangkan jangka hayat produk rumpai laut *Gracilaria* segar (Gambar 3).



Gambar 3. Produk *Gracilaria* HPP

Proses prarawatan rumpai laut *Gracilaria*

Rumpai laut *Gracilaria* daripada spesies *Gracilaria changii* (Gambar 4) diperolehi daripada Syarikat Laman Alamjaya Sdn. Bhd. *Gracilaria* dituai segar daripada kolam ternakan komersial yang bertapak di Muar, Johor (Gambar 5). Rumpai laut *Gracilaria* yang dituai disimpan di dalam kotak polistirena yang mengandungi pek ais bagi memastikan kesegaran dan mengurangkan risiko kerosakan memandangkan rumpai laut segar mudah rosak apabila terdedah kepada haba dan suhu tinggi. Kotak polistirena yang mengandungi rumpai laut segar dibawa ke Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, MARDI, Serdang, Selangor untuk diproses.

Gracilaria segar dibasuh dan dibersihkan terlebih dahulu bagi membuang kotoran dan bendasing seperti lumpur, pasir dan siput. Setelah itu, proses prarawatan dijalankan melalui rendaman dalam

larutan air klorin berkepekatan 150 ppm selama 30 saat. Proses prarawatan ini dijalankan bagi mengurangkan kandungan mikroorganisma sedia ada. *Gracilaria* yang telah direndam, dibilas dengan air bersih bertapis, dibungkus dalam kain muslin dan diikat kemas sebelum diperah menggunakan *spinner* bagi mengurangkan kandungan air. Akhir sekali, *Gracilaria* segar yang telah dibersihkan dan dirawat, ditimbang seberat 50 g dan dipek ke dalam pek lut sinar. Pek pembungkusan yang digunakan terdiri daripada dua lapisan iaitu polietilena/polietilena tereftalat (PE/PET) dengan reka bentuk *standing pouch*, bersaiz 12 cm × 20 cm dan berketebalan 160 μm (Gambar 6). Selain reka bentuk yang menarik, pek ini dipilih kerana diperbuat daripada bahan yang mampu menahan 10 – 15% tekanan mekanikal semasa rawatan HPP dijalankan. Kaedah pemprosesan prarawatan *Gracilaria* segar diringkaskan seperti dalam Carta alir 1.

Pemprosesan tekanan tinggi (HPP) Gracilaria

Pemprosesan tekanan tinggi dijalankan menggunakan mesin HPP yang disewa di Fakulti Sains dan Teknologi Makanan, Universiti Putra Malaysia (UPM), Serdang, Selangor (Gambar 7). Parameter pemprosesan yang digunakan melibatkan tekanan optimum 6,000 bar dan masa pemprosesan optimum ialah 3 minit. Tekanan dan masa pemprosesan optimum ditentukan melalui beberapa siri kajian berdasarkan kepada reka bentuk eksperimen *Response Surface Methodology* (RSM). Parameter pemprosesan memainkan peranan penting dalam pemprosesan tekanan tinggi (HPP) kerana boleh memberi kesan ketara kepada kualiti produk dan kos operasi. Dalam amalan industri, tahap tekanan dan masa penahanan HPP dioptimumkan dengan teliti untuk memastikan keselamatan



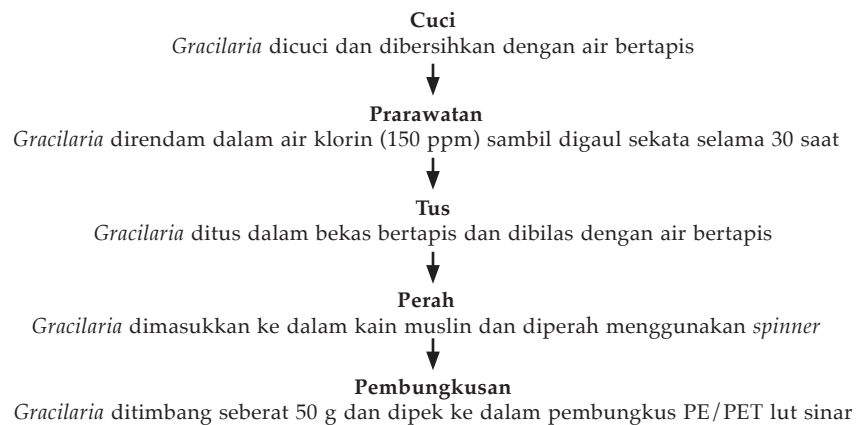
Gambar 4. Rumpai laut *Gracilaria changii*



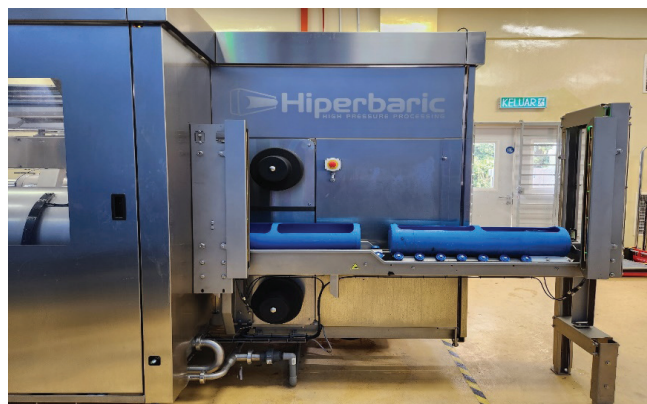
Gambar 5. Kolam ternakan *G. changii* oleh Syarikat Laman Alamjaya Sdn. Bhd. di Muar, Johor



Gambar 6. Pek lut sinar dua lapisan PE/PET, standing pouch, 12 cm × 20 cm berketebalan 160 μm



Carta alir 1. Pemprosesan prarawatan Gracilaria segar



Gambar 7. Mesin pemprosesan tekanan tinggi (HPP) di UPM, Serdang, Selangor

maksimum (kualiti mikrobiologi) tanpa menjejaskan sifat organoleptik (deria) dan fungsi produk. Proses pengoptimuman ini bertujuan untuk mencapai lanjutan jangka hayat di samping mengekalkan ciri-ciri makanan yang diinginkan.

Sebelum rawatan HPP dijalankan, pek-pek *Gracilaria* diletak dan disusun ke dalam bekas atau bakul HPP berbentuk memanjang (*Gambar 8*). Bekas atau bakul HPP yang telah diisi akan ditolak secara automatik ke ruang tekanan tinggi di mana HPP berlaku. HPP bermula dengan memindahkan tekanan melalui pam hidraulik ke atas produk secara seragam dan sekata. Daya tekanan ini dikenakan ke atas produk makanan pada semua sisi, di bawah tekanan dan masa optimum yang telah ditentukan. Setelah itu, produk yang telah diproses kemudiannya disimpan pada suhu sejuk dingin (4 ± 3 °C).

Penilaian kualiti mikrobiologi Gracilaria

Analisis mikrobiologi telah dijalankan ke atas *Gracilaria* segar tanpa proses prarawatan, *Gracilaria* segar dengan proses prarawatan dan *Gracilaria* segar dengan proses prarawatan dan HPP (prarawatan HPP) (*Gambar 9*). Analisis mikrobiologi yang dijalankan merangkumi jumlah kiraan plat (TPC), kiraan jumlah yis dan kulat (Y&M), kiraan koliform, *Escherichia coli* (*E. coli*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) dan psikrofilik. Hasil analisis mikrobiologi ditunjukkan seperti dalam *Jadual 1*.

Lazimnya, jumlah kiraan TPC berperanan sebagai penunjuk kualiti makanan bagi sesuatu produk. Bacaan TPC adalah penting dan dirujuk bagi memberi gambaran kualiti keseluruhan sesuatu produk dan potensi kerosakan produk bermula daripada proses pengeluaran sehingga penyimpanan. Aras mikrobiologi TPC boleh dianalisis bersama dengan aras Y&M bagi menentukan jangka hayat sesuatu produk makanan. Dalam kajian ini, bacaan mikrobiologi *Gracilaria* dirujuk kepada piawaian *Compendium of Microbiological Criteria for Food (Food Standards Australia – New Zealand)* (*Jadual 2*) berikutan Akta Makanan 1983 yang belum mempunyai rujukan khusus untuk had mikrobiologi kategori produk rumpai laut.



Gambar 8. Penyusunan pek Gracilaria ke dalam bekas/bakul HPP



Gambar 9. Gracilaria segar (a) tanpa prarawatan, (b) dengan prarawatan dan (c) dengan prarawatan dan HPP

Jadual 1. Kandungan mikrobiologi *Gracilaria* segar tanpa prarawatan, dengan prarawatan dan dengan prarawatan HPP

Sampel	Kiraan jumlah plat (cfu/g)	Kiraan yis dan kulat (cfu/g)	Kiraan koliform (cfu/g)	Kiraan <i>E. coli</i> (cfu/g)	Kiraan <i>S. aureus</i> (cfu/g)	Kiraan psikrofilik (cfu/g)
<i>Gracilaria</i> tanpa prarawatan	2.3×10^4	$<1 \times 10^2$	7.3×10^2	$<1 \times 10$	$<25 \times 10^2$	9.4×10^2
<i>Gracilaria</i> dengan prarawatan	3.7×10^2	$<1 \times 10^2$	$<25 \times 10$ est (7.5 x 10)	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	2×10^2
<i>Gracilaria</i> dengan prarawatan HPP	$<25 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$

*Nota: $<1 \times 10$ dan $<1 \times 10^2$ menunjukkan bahawa mikroorganisma yang diuji tidak dikesan dalam sampel yang dianalisis

Jadual 2. Had kandungan mikrobiologi bagi produk sedia dimakan berasaskan rumpai laut mengikut piawaian antarabangsa

Rujukan	<i>Compendium of Microbiological Criteria for Food (Food Standards Australia – New Zealand)</i>					
	Nilai (cfu/g)					
Organisma	Memuaskan	Marginal	Tidak memuaskan	Potensi bahaya		
Bakteria mesofilik aerobik (MAB)	$<10^4$	$10^4 - <10^6$	$\geq 10^6$	-		
<i>Enterobacteriaceae</i> (termasuk koliform)	$<10^2$	$10^2 - 10^4$	$>10^4$	-		
<i>E. coli</i>	<3	$3 - <10^2$	$>10^2$	-		
<i>S. aureus</i>	$<10^2$	$10^2 - <10^3$	$10^3 - \leq 10^4$	$>10^4$		

Dapatan hasil kajian mikrobiologi menunjukkan proses prarawatan dengan rendaman dalam air klorin (150 ppm) selama 30 saat dapat mengurangkan bacaan TPC sebanyak 2 kitaran log iaitu daripada 10^4 cfu/g ke 10^2 cfu/g. Analisis mikrobiologi yang dijalankan setelah produk melalui rawatan HPP menunjukkan bacaan TPC semakin berkurang iaitu sebanyak 1 kitaran log iaitu daripada 10^2 cfu/g ke 10 cfu/g. Data bacaan TPC ini menunjukkan bahawa proses prarawatan (rendaman air klorin) sebelum rawatan HPP memberi kesan penurunan bacaan TPC *Gracilaria*. Pengurangan bacaan TPC yang rendah sebelum rawatan HPP dilihat dapat membantu dalam melanjutkan jangka hayat *Gracilaria*. Trend yang sama juga dilihat pada kiraan koliform dan psikrofilik di mana bacaannya didapati berkurang setelah produk menjalani proses prarawatan dan seterusnya rawatan HPP. Manakala kiraan Y&M, *S. aureus* dan *E. coli* tidak dikesan dalam kesemua sampel kajian.

Kajian jangka hayat Gracilaria HPP dari aspek kualiti mikrobiologi

Suhu penyimpanan selepas rawatan HPP boleh mempengaruhi jangka hayat produk. Keadaan penyimpanan yang betul selepas rawatan HPP adalah penting untuk mengekalkan kualiti dan keselamatan produk. Produk makanan HPP dicadangkan disimpan pada suhu sejuk dingin 4 – 7 °C. Penyimpanan pada suhu sejuk dingin bertindak sebagai halangan untuk melambatkan pertumbuhan mikroorganisma yang tidak diinginkan dan tindak balas kimia semasa penyimpanan. Kajian jangka hayat *Gracilaria* prarawatan HPP (*Gracilaria* HPP) telah dijalankan selama tiga bulan pada suhu sejuk dingin (4 ± 3 °C). Dalam kajian ini, *Gracilaria* dengan prarawatan tanpa HPP (*Gracilaria* tanpa HPP) dijadikan sebagai sampel kawalan bagi tujuan perbandingan.

Analisis mikrobiologi dijalankan pada setiap dua minggu sepanjang tempoh penyimpanan tersebut. *Jadual 3* menunjukkan bacaan mikrobiologi bagi TPC, Y&M, koliform, *E. coli*, *S. aureus* dan psikrofilik bagi kedua-dua sampel *Gracilaria*. Berdasarkan piawaian *Food Standards Australia – New Zealand*, kesemua bacaan mikrobiologi TPC *Gracilaria* HPP dalam kajian ini didapati memuaskan (10 cfu/g) sehingga bulan ketiga penyimpanan. Manakala, bacaan Y&M, koliform, *E. coli*, *S. aureus* dan psikrofilik tidak dikesan sepanjang tempoh kajian penyimpanan ($<1 \times 10$ dan $<1 \times 10^2$). Berbeza dengan *Gracilaria* tanpa HPP, bacaan TPC adalah memuaskan pada hari 0 penyimpanan dengan bacaan 2.7×10^4 cfu/g. Bacaan TPC *Gracilaria* tanpa HPP didapati meningkat pada minggu kedua penyimpanan sebanyak tiga kitaran log (10^7 cfu/g). Bacaan Y&M, koliform, *E. coli*, *S. aureus* dan psikrofilik *Gracilaria* tanpa HPP turut didapati meningkat 2 – 3 kitaran log. Oleh yang demikian, kajian penyimpanan bagi sampel *Gracilaria* tanpa HPP telah dihentikan setakat minggu kedua memandangkan bacaan mikrobiologi yang terlalu tinggi menunjukkan ia tidak selamat untuk dimakan. Secara keseluruhan,

Jadual 3. Kandungan mikrobiologi *Gracilaria* HPP berbanding dengan *Gracilaria* tanpa HPP sepanjang tempoh penyimpanan pada suhu sejuk dingin (4 ± 3 °C)

Sampel	Masa penyimpanan (minggu/bulan)	TPC (cfu/g)	Y&M (cfu/g)	Koliform (3M Petrifilm) (cfu/g)	<i>E. coli</i> (3M Petrifilm) (cfu/g)	<i>S. aureus</i> (cfu/g)	Psikrofilik (cfu/g)
<i>Gracilaria</i> tanpa HPP	0	2.7×10^4	$<15 \times 10^2$ est (8.5Y $\times 10^2$)	2.5×10^5	$<25 \times 10$ est (1.7×10^2)	$<25 \times 10^2$ est (2.5×10^2)	2.3×10^2
	2 minggu	4.5×10^7	$7.7Y \times 10^4$	7.3×10^7	3.3×10^3	4.1×10^4	3.4×10^4
<i>Gracilaria</i> HPP	0	$<25 \times 10$ est (1.8×10^2)	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$
	2 minggu	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$
	1 bulan	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$
	6 minggu	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$
	2 bulan	$<25 \times 10$ est (2×10)	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$
	10 minggu	$<25 \times 10$ est (2×10)	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$
	3 bulan	$<25 \times 10$ est (3×10)	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10$	$<1 \times 10^2$	$<1 \times 10$

*Nota: $<1 \times 10$ dan $<1 \times 10^2$ menunjukkan bahawa mikroorganisma yang diuji tidak dikesan dalam sampel yang dianalisis

data mikrobiologi yang ditunjukkan dalam kajian ini membuktikan bahawa rawatan HPP memberi kesan positif bagi menurunkan kandungan mikrobiologi *Gracilaria*. Malahan rawatan HPP dapat memanjangkan jangka hayat produk sehingga enam kali ganda berbanding dengan *Gracilaria* tanpa HPP.

Nilai pemakanan *Gracilaria* HPP

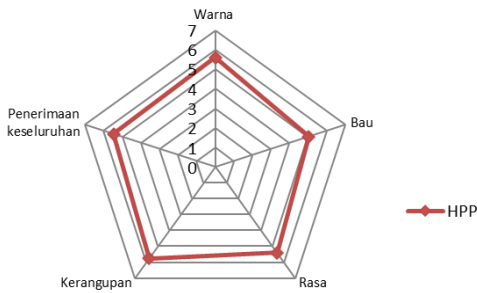
Analisis komposisi kimia telah dijalankan ke atas *Gracilaria* HPP dan *Gracilaria* tanpa HPP. Semua analisis telah dijalankan menggunakan kaedah piawaian antarabangsa, AOAC bagi menentukan kandungan kasar protein, lemak, serat makanan, kandungan kelembapan serta karbohidrat dalam kedua-dua sampel. Kandungan nutrisi bagi sampel *Gracilaria* HPP berbanding dengan *Gracilaria* tanpa HPP ditunjukkan seperti dalam *Jadual 4*. Analisis kandungan nutrisi menunjukkan tiada perbezaan signifikan antara kandungan nutrisi *Gracilaria* HPP dengan *Gracilaria* tanpa HPP. Keputusan yang ditunjukkan ini sekali gus membuktikan bahawa penggunaan HPP tidak memberi kesan ke atas kandungan nutrisi sampel, malah kandungannya kekal sebagaimana dalam sampel asal. Kandungan karbohidrat *Gracilaria* HPP adalah sebanyak 7.31 g/100 g yang menyumbang kepada nilai kalori sebanyak 46 kcal. *Gracilaria* HPP didapati mengandungi 1.68 g/100 g protein, 1.19 g/100 g garam, 4.39 g/100 g serat tak larut dan 0.27 g/100 g serat larut. Kedua-dua sampel *Gracilaria* sama ada dengan rawatan HPP atau tanpa HPP adalah bebas lemak dan juga gula, di mana tiada bacaan yang dikesan pada kedua-dua komponen ini. Manakala kelembapan *Gracilaria* segar adalah tinggi iaitu 88%.

Jadual 4. Kandungan nutrisi bagi *Gracilaria* HPP dan *Gracilaria* tanpa HPP

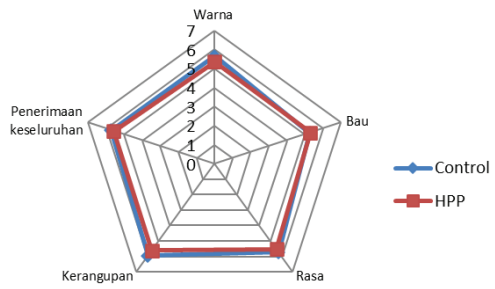
Kandungan nutrisi (100 g)	<i>Gracilaria</i> tanpa HPP	<i>Gracilaria</i> HPP
Tenaga (kcal)	46a	46a
Lemak (g)	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a
Protein (g)	1.75 ± 0.04a	1.68 ± 0.03a
Kelembapan (g)	88.42 ± 0.24a	88.35 ± 0.06a
Abu (g)	2.55 ± 0.04a	2.67 ± 0.08a
Karbohidrat (g)	7.29 ± 0.17a	7.31 ± 0.04a
Serat tak larut air (g)	4.97 ± 0.23a	4.39 ± 0.44a
Serat larut air (g)	0.00 ± 0.00a	0.27 ± 0.18a
Jumlah gula (g)	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a
Garam (natrium klorida) (g)	1.02 ± 0.05a	1.19 ± 0.03a

Nota: Data adalah nilai purata ± sisihan piawai bagi tiga bacaan replikasi (n = 3)

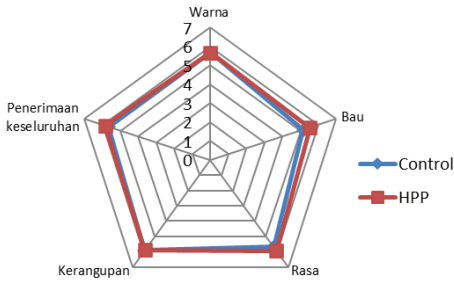
Kajian penilaian sensori turut dijalankan sepanjang penyimpanan selama tiga bulan. Kajian telah dijalankan pada 0, 1, 2 dan 3 bulan penyimpanan, melibatkan seramai 40 orang panel. Hidangan sensori *Gracilaria* dijalankan dalam bentuk salad dan menggunakan kaedah pengukuran 7 skala hedonik. Hasil kajian menunjukkan kedua-dua sampel *Gracilaria* iaitu *Gracilaria* HPP dan *Gracilaria* tanpa HPP menerima markah purata 5 dan 6 (sedikit suka dan suka) bagi kesemua atribut. Ini menunjukkan para panel dapat menerima sampel *Gracilaria* HPP walaupun telah disimpan selama tiga bulan pada suhu sejuk dingin sama seperti sampel kawalan. Hasil kajian penilaian sensori *Gracilaria* HPP berbanding dengan sampel kawalan ditunjukkan seperti dalam *Rajah 1*.



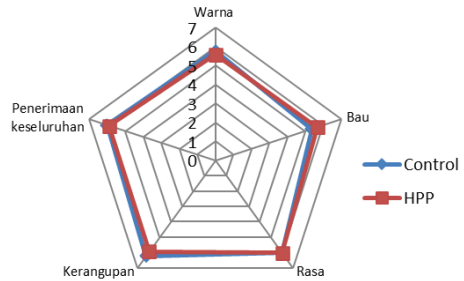
Penilaian sensori salad *Gracilaria* bagi 0 bulan penyimpanan



Penilaian sensori salad *Gracilaria* bagi 1 bulan penyimpanan



Penilaian sensori *Gracilaria* bagi 2 bulan penyimpanan



Penilaian sensori *Gracilaria* bagi 3 bulan penyimpanan

Rajah 1. Kajian penilaian sensori Gracilaria HPP berbanding dengan sampel kawalan

Kesimpulan

Pemrosesan tekanan tinggi (HPP) adalah kaedah inovatif yang digunakan dalam pengawetan makanan. Rawatan tekanan tinggi akan mengganggu struktur dan fisiologi mikrob, mengakibatkan ketidakaktifan mikrob, serta menghapuskan patogen berbahaya dan mikroorganisma perosak yang terdapat dalam makanan. Ini menjadikan HPP kaedah yang berkesan untuk memastikan keselamatan makanan dan memanjangkan jangka hayat tanpa menggunakan bahan pengawet kimia atau rawatan haba. Tambahan pula, pemrosesan tekanan tinggi adalah teknik pengawetan tanpa haba, menjadikannya sesuai untuk produk makanan sensitif haba seperti produk *Gracilaria* segar. Di samping itu, teknik pemrosesan ini dapat membantu mengurangkan lambakan *Gracilaria* segar yang cepat rosak. Dengan adanya teknologi HPP, produk *Gracilaria* berpotensi dipasarkan dengan lebih meluas dan dapat menjamin ketersediaan produk. Namun, amalan pengendalian dan penyimpanan yang betul harus dititikberatkan dan diikuti agar keselamatan makanan selepas rawatan HPP dapat dikekalkan.

Penghargaan

Penulis ingin menyampaikan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam projek ini terutamanya En. Mohd Fakhri Hashim dan pelajar-pelajar latihan industri serta pegawai dan staf di Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, MARDI yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Kajian ini telah dijalankan di bawah dana peruntukan Projek Inisiatif Bajet (KRFS03-1001).

Bibliografi

- AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.). USA: Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Maqsood-ul-Haque, S., & Kamal, N.A.S. (2021). High pressure process treatment (HPP) as an alternative food preservation method on fruits and vegetables: A brief review. *Malaysian Journal of Chemical Engineering and Technology*, 4 (1), 32–38.
- Nasharuddin, R.A.D.R., Muhamad, N.F.H., Akbar, A., Zaman, M.A., & Isman, N. (2021). Kesan rawatan pemrosesan berbeza minuman kelapa muda berkarbonat terhadap kualiti mikrobiologi. *Buletin Teknologi MARDI*, Bil. 29, 45–53.
- Ortega-Rivas, E. (ed.) (2018). High-Pressure Processing of Food: Principles, Technology, and Applications. CRC Press.
- Paull, R. E., & Chen, N. J. (2008). Postharvest handling and storage of the edible red seaweed *Gracilaria*. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 302–308.
- Vivi Sumanti (2022). Kerabu sare kegemaran warga emas Kelantan sebagai juadah bersahur. Diperoleh pada 15 Januari 2024 dari <https://www.astroawani.com/>.

Ringkasan

Gracilaria merupakan rumput laut merah yang kaya dengan sumber vitamin dan mineral. *Gracilaria* biasanya dimakan segar dan juga dikeringkan bagi tujuan memanjangkan jangka hayatnya. Pasaran segar adalah amat terhad kerana teksturnya yang berair dan kandungan nutrisi yang tinggi menyebabkan ia mudah rosak disebabkan pertumbuhan mikroorganisma. Pemprosesan tekanan tinggi (HPP) merupakan satu kaedah pengawetan makanan tanpa haba dilihat berpotensi digunakan bagi memanjangkan jangka hayat *Gracilaria*. HPP melibatkan tekanan tinggi yang menggunakan medium air untuk menyahaktifkan mikroorganisma berbahaya yang merosakkan produk. Selain itu, teknik pengawetan ini juga tidak memerlukan penambahan bahan kimia atau pengawet makanan, membolehkan produk yang dihasilkan mempunyai label bersih dan seterusnya dapat memberi nilai tambah kepada produk. Dalam kajian ini, rumput laut *Gracilaria* daripada spesies *G. changii* diproses menggunakan teknik pemprosesan tekanan tinggi (HPP) pada parameter optimum. Hasil kajian mendapati kandungan mikrobiologi *Gracilaria* HPP adalah rendah dan tidak melebihi tahap bahaya sepanjang 3 bulan penyimpanan pada suhu sejuk dingin (4 ± 3 °C). Berbeza dengan produk *Gracilaria* tanpa HPP di mana produk hanya mampu bertahan kurang daripada dua minggu penyimpanan pada suhu sejuk dingin. Data yang diperolehi membuktikan bahawa penggunaan teknologi HPP mampu memanjangkan jangka hayat *Gracilaria* sehingga enam kali ganda lebih lama berbanding dengan *Gracilaria* tanpa HPP.

Summary

Gracilaria is a red seaweed rich in vitamins and minerals. It is commonly consumed fresh and also dried to extend its shelf life. The market for fresh *Gracilaria* is limited due to its watery texture and high nutritional content, making it prone to spoilage. High-pressure processing (HPP) is a non-thermal food preservation method seen as a potential solution to prolong the shelf life of *Gracilaria*. HPP involves subjecting the product to high-pressure water, effectively inactivating harmful microorganisms and preventing spoilage. Additionally, this preservation technique does not require the addition of chemicals or food preservatives, allowing the resulting product to carry a clean label and thus adding value. In this study, *Gracilaria* seaweed from the *Gracilaria changii* species was processed using the high-pressure processing (HPP) technique at optimal parameters. The research findings indicate that the microbiological content of HPP-treated *Gracilaria* remains low and does not exceed hazardous levels throughout 3 months of cold storage (4 ± 3 °C). In contrast, *Gracilaria* without HPP only maintains its quality for less than two weeks in cold storage. The data obtained demonstrates that the use of HPP technology can extend the shelf life of *Gracilaria* up to six times longer compared to *Gracilaria* without HPP.

Pengarang

Tun Norbrillinda Mokhtar
Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: brillind@mardi.gov.my

Raja Arief Deli Raja Nasharuddin, Aida Hamimi Ibrahim (Dr.), Mohamad Helmi Mohd Arshad dan Ahmad Huzairi Imam Musaniff
Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor