

## Perubahan ciri fizikokimia dalam penghasilan bawang hitam serta penilaian kualiti mikrobiologi sepanjang tempoh penyimpanan

*(Physicochemical changes during the production of black garlic and microbiological quality assessment throughout the storage period)*

Madzlan Kasran, Raja Arief Raja Nasharuddin, Zuwariah Ishak, Khairunizah Hazila Khalid, Mohd Fakhri Hashim, Ahmad Huzairi Imam Musanif, Ashahida Imran dan Nik Mohd Faiz Che Mohd Nor

Kata kunci: bawang hitam, inkubasi, ciri fizikokimia, mikrobiologi, jangka hayat

### Pengenalan

Bawang hitam dihasilkan daripada proses rawatan terma bawang putih pada suhu dan kelembapan relatif terkawal serta tempoh masa yang tertentu tanpa bahan tambahan. Proses ini berlaku tanpa kehadiran mikroorganisma iaitu bakteria dan fungi serta tiada penggunaan sebarang bahan pengawet. Ianya berlaku melalui tindak balas enzim dan kimia secara semula jadi yang melibatkan proses transformasi sebatian kimia. Sebatian *S-allyl cysteine* yang mempunyai ciri antioksidan yang tinggi meningkat semasa proses rawatan terma tersebut. Bawang putih mengalami proses pemerangan secara berenzim dan tidak berenzim seperti pengoksidaan, pengkaramelan dan tindak balas Maillard yang mengubah ciri-ciri fizikokimia, organoleptik dan sifat bioaktif bawang putih.

Faedah utama bawang hitam adalah kandungan antioksidannya yang sangat tinggi. Proses inkubasi meningkatkan jumlah sebatian seperti *S-allyl cysteine* (SAC) dan polifenol yang berfungsi melawan radikal bebas dalam badan. Antioksidan ini membantu melambatkan proses penuaan serta melindungi sel-sel tubuh daripada kerosakan oksidatif yang boleh menyebabkan pelbagai penyakit kronik. Bawang hitam juga menyokong kesihatan jantung yang membantu menurunkan aras kolesterol jahat (LDL) serta tekanan darah sambil meningkatkan kolesterol baik (HDL). Fungsi-fungsi yang lain termasuklah melindungi sel-sel otak daripada kerosakan akibat tekanan oksidatif, menguatkan sistem imun, mempunyai sifat antiradang dan mengawal aras gula dalam darah.

Sehingga kini, tiada prosedur piawai yang ditetapkan bagi penghasilan bawang hitam. Kaedah pemprosesan yang diamalkan berbeza-beza bergantung kepada tradisi serantau serta ciri kualiti produk akhir yang dikehendaki. Justeru, para penyelidik masih giat menjalankan kajian untuk menentukan parameter pemprosesan yang optimum. Secara umumnya, bawang hitam diproses dalam julat suhu antara 30 – 90 °C, kelembapan relatif (RH) 50 – 90% dan tempoh inkubasi selama 10 – 80 hari.

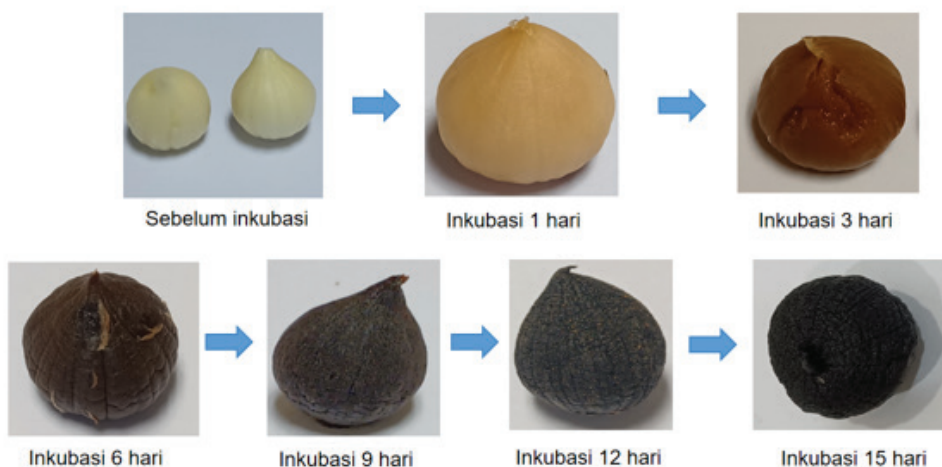
Suhu dan kelembapan relatif rawatan terma semasa proses penghasilan bawang hitam adalah parameter kritikal yang mempengaruhi kualiti bawang hitam. Merujuk kajian terdahulu, perubahan warna

bawang daripada putih kepada hitam menjadi homogen apabila dipanaskan pada suhu 70 – 80 °C dengan kelembapan relatif 80%. Bawang hitam yang terhasil mempunyai tekstur yang kenyal dan kualiti yang lebih baik serta rasa yang manis. Rawatan terma pada suhu 90 °C akan menjadikan tekstur bawang hitam lebih keras serta rasa pahit dan masam yang ketara. Kandungan lembapan bawang hitam juga mempengaruhi kualiti bawang hitam. Bawang hitam mempunyai tekstur yang lembut dan keanjalan yang optimum pada kandungan lembapan 40 – 50%. Bawang hitam akan menjadi kering dan keras apabila kandungan lembapannya antara 35 – 39%.

Parameter pemprosesan yang optimum dalam penghasilan bawang hitam dengan ciri fizikokimia yang dikehendaki adalah penting supaya hasil yang diperolehi mempunyai sifat bioaktif yang optimum. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk menentukan tempoh rawatan terma yang optimum bagi menilai ciri fizikokimia bawang hitam yang dihasilkan.

### Penghasilan bawang hitam

Bawang hitam atau *black garlic* dihasilkan daripada bawang putih tunggal (bawang solo atau bawang lanang) yang diinkubasi melalui rawatan terma pada suhu dan kelembapan relatif yang terkawal. Bawang hitam diinkubasi dalam periuk bertutup yang boleh dikawal suhu secara digital yang ditetapkan pada suhu 72 °C dan kelembapan relatif (RH) 80%. Proses ini dijalankan selama 15 hari dan sampel dianalisis setiap 1, 3, 6, 9, 12 dan 15 hari seperti ditunjukkan dalam *Rajah 1*. Proses ini menukarkan warna bawang putih menjadi gelap, memberikan rasa manis dan mengubah teksturnya menjadi kenyal seperti jeli. Semasa proses inkubasi, tindak balas Maillard berlaku pada suhu dan kelembapan relatif yang terkawal. Dalam tindak balas Maillard ini, gula penurun bertindak balas dengan asid amino dan menyebabkan proses pemerangan yang menjadikan bawang putih berubah menjadi gelap.



*Rajah 1. Proses penghasilan bawang hitam melalui proses inkubasi selama 15 hari dalam periuk bertutup pada suhu dan kelembapan relatif terkawal*

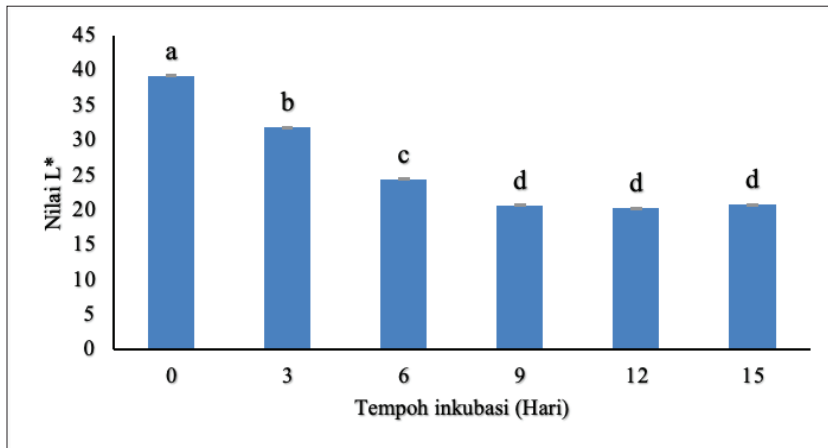
## Perubahan ciri fizikokimia

### Warna

Perubahan warna bawang hitam yang diinkubasi sehingga 15 hari ditunjukkan seperti dalam *Rajah 2(a)* (nilai  $L^*$ ), (b) (nilai  $a^*$ ) dan (c) (nilai  $b^*$ ). Secara keseluruhan, warna berubah menjadi gelap disebabkan berlakunya proses pemerangan melalui tindak balas Maillard. Hasil kajian menunjukkan nilai kecerahan ( $L^*$ ) bawang menurun sepanjang tempoh inkubasi selama 15 hari. Warna bawang menjadi semakin gelap dalam tempoh inkubasi tersebut. Walau bagaimanapun, nilai  $L^*$  tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada hari kesembilan, ke-12 dan 15. Ini menunjukkan proses pemerangan melalui tindak balas Maillard telah mencapai tahap optimum seawal hari kesembilan.

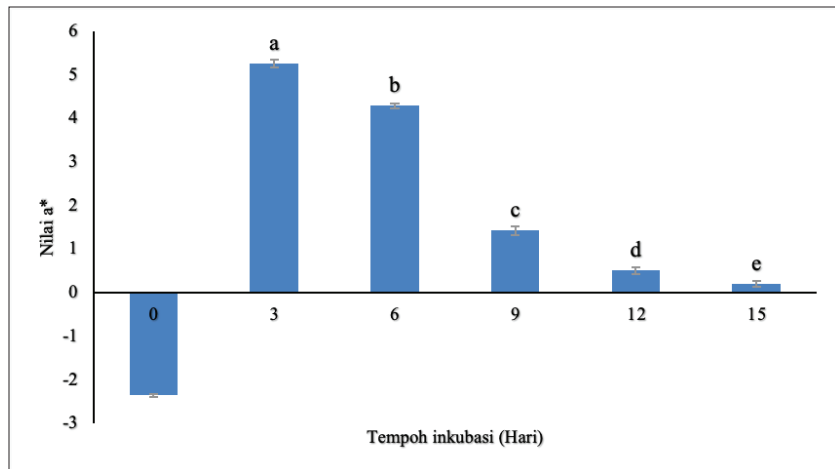
Nilai  $a^*$  menunjukkan perubahan warna di mana nilai positif (+) mewakili warna merah manakala nilai negatif (–) mewakili warna hijau. Sebelum proses inkubasi bermula, nilai  $a^*$  adalah negatif, menandakan warna hijau lebih dominan. Selepas tiga hari inkubasi, nilai  $a^*$  berubah menjadi positif, menunjukkan peralihan ke arah warna merah. Namun, apabila tempoh inkubasi diteruskan sehingga 15 hari, nilai  $a^*$  semakin menurun secara beransur-ansur, menggambarkan pengurangan intensiti warna merah.

Nilai  $b^*$  pula menunjukkan warna kuning-biru. Nilai  $b^*$  positif (+) menunjukkan warna kuning manakala nilai negatif (–) menunjukkan warna biru. Sebelum proses inkubasi, nilai  $b^*$  direkodkan pada 9.76, iaitu ke arah warna kuning. Pada hari ketiga inkubasi, nilai  $b^*$  meningkat kepada 12.49, menandakan peningkatan intensiti warna kuning. Namun selepas itu, nilai  $b^*$  mula menurun secara konsisten sehingga hari ke-15, menunjukkan pengurangan tona kuning.



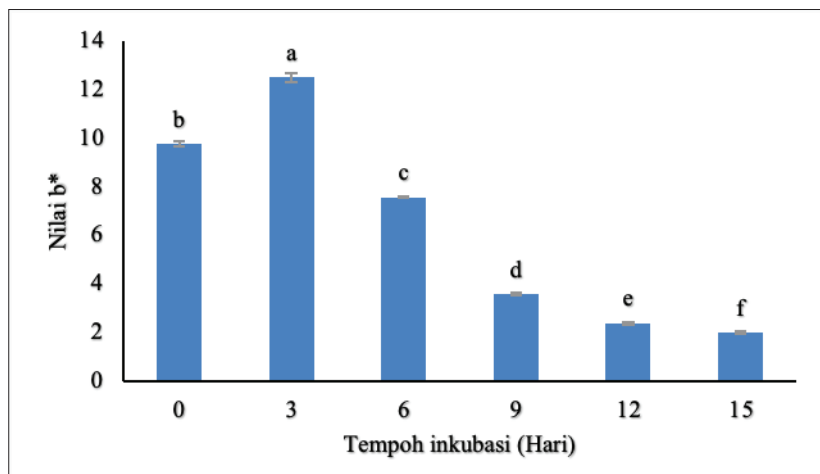
Huruf a – d menunjukkan secara statistik huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan nilai yang signifikan

*Rajah 2(a). Nilai  $L^*$  bawang hitam yang diinkubasi pada tempoh yang berbeza*



Huruf a – e menunjukkan secara statistik huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan nilai yang signifikan

*Rajah 2(b). Nilai a\* bawang hitam yang diinkubasi pada tempoh yang berbeza*



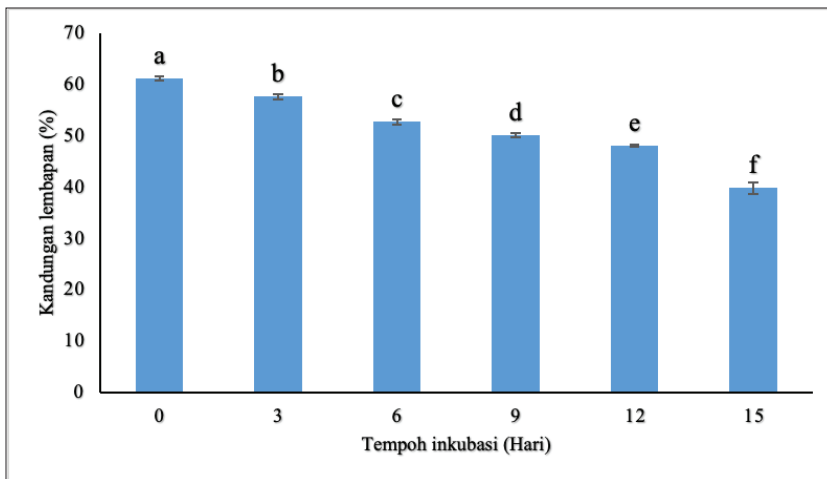
Huruf a – f menunjukkan secara statistik huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan nilai yang signifikan

*Rajah 2(c). Nilai b\* bawang hitam yang diinkubasi pada tempoh yang berbeza*

### **Kandungan lembapan**

Kandungan lembapan bawang hitam pada tempoh inkubasi yang berbeza ditunjukkan seperti dalam *Rajah 3*. Hasil kajian menunjukkan kandungan lembapan bawang menurun secara beransur-ansur sepanjang proses inkubasi. Pada peringkat awal, kandungan air adalah sekitar 61% dan menyusut kepada 39% menjelang hari ke-15 inkubasi. Biasanya tekstur bawang hitam akan mempunyai kelembutan dan keanjalan yang optimum apabila kandungan lembapan antara 40 – 50%. Pada hari ke-12 inkubasi, kandungan lembapan direkodkan sebanyak 48% dan tekstur yang dihasilkan adalah lebih lembut serta anjal berbanding hari ke-15 inkubasi, di mana kandungan lembapan

lebih rendah sehingga tekstur menjadi lebih liat dan keras. Proses inkubasi pada suhu 72 °C didapati mempercepat pengurangan lembapan. Walaupun proses ini pada awalnya membantu melembutkan bawang, namun apabila tempoh inkubasi dilanjutkan, kehilangan air yang berlebihan akhirnya menyebabkan tekstur bawang menjadi keras. Justeru, tempoh inkubasi selama 12 hari pada suhu 72 °C dikenal pasti sebagai keadaan optimum bagi penghasilan bawang hitam dengan ciri tekstur yang dikehendaki.

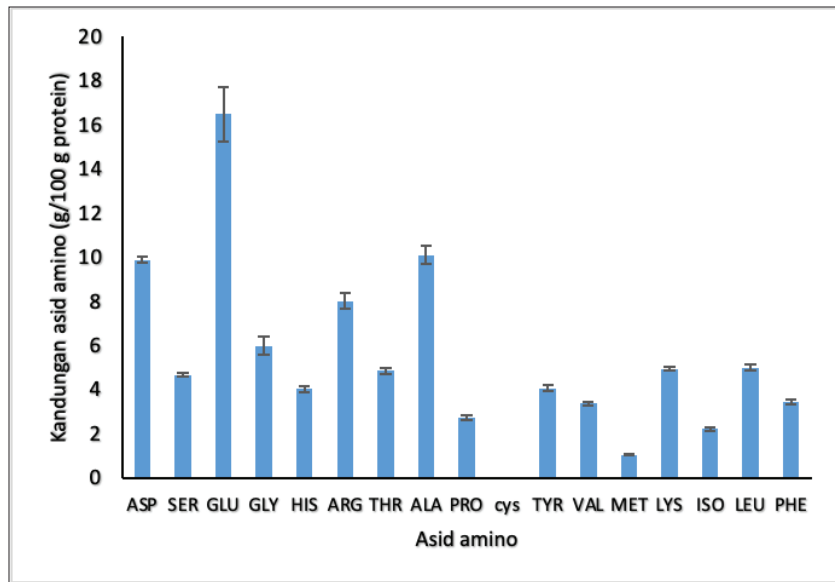


Huruf a – f menunjukkan secara statistik huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan nilai yang signifikan

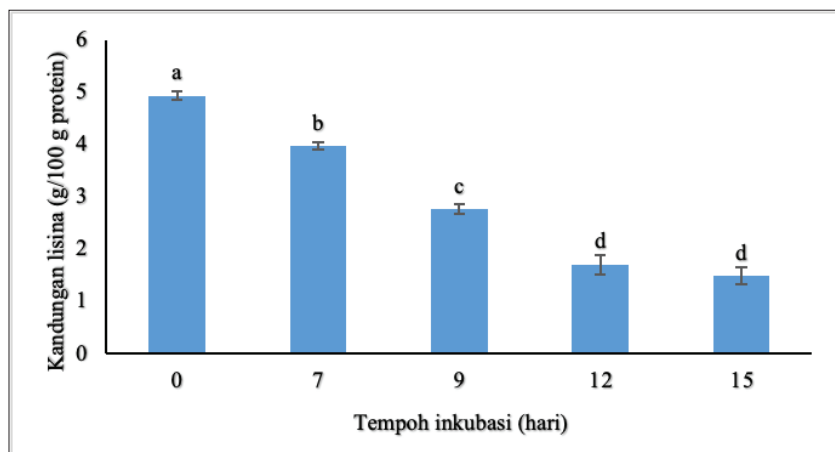
Rajah 3. Kandungan lembapan bawang hitam pada tempoh inkubasi yang berbeza

### **Kandungan asid amino**

Rajah 4 menunjukkan kandungan asid amino bawang putih tunggal sebelum proses inkubasi. Hasil analisis menunjukkan jumlah asid glutamik ( $16.47 \pm 1.23$  (g/100 g protein) adalah paling tinggi diikuti oleh alanin ( $10.10 \pm 0.41$  (g/100 g protein) dan asid aspartik ( $9.88 \pm 0.13$  (g/100 g protein). Menurut kajian lepas, terdapat peningkatan dan penurunan ke atas nilai individu asid amino dalam bawang hitam di sepanjang proses inkubasi berlaku terutamanya penurunan lisina dan peningkatan asid amino sulfur. Asid amino lisina sangat reaktif dalam tindak balas Maillard. Kandungan lisina dijangka berkurangan secara signifikan semasa proses inkubasi bawang putih di mana lisina bertindak balas dengan gula penurun dan menghasilkan warna hitam dan rasa manis-karamel. Hasil kajian juga menunjukkan pengurangan signifikan lisina sepanjang tempoh inkubasi dari 0 – 12 hari (Rajah 5) iaitu  $5.00 \pm 0.16$  (g/100 g protein) sebelum proses inkubasi kepada  $4.35 \pm 0.32$  (g/100 g protein) pada hari ke-12. Pada hari ke-15, tiada perubahan signifikan lisina dikesan iaitu  $4.63 \pm 0.16$  (g/100 g protein).



Rajah 4. Kandungan asid amino bawang putih tunggal



Huruf a – d menunjukkan secara statistik huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan nilai yang signifikan

Rajah 5. Kandungan asid amino lisina sepanjang proses penghasilan bawang hitam

### Nilai pemakanan bawang hitam

Daripada perubahan ciri fizikokimia bawang hitam yang dikesan, tempoh inkubasi optimum bagi penghasilan bawang hitam adalah selama 12 hari. Kandungan lembapan pada tempoh inkubasi 12 hari memberikan tekstur yang lebih lembut serta anjal berbanding dengan tempoh inkubasi 15 hari yang mempunyai kandungan lembapan lebih rendah (39%) sehingga tekstur menjadi lebih liat dan keras. *Jadual 1* menunjukkan komposisi kimia bawang hitam yang dihasilkan pada hari ke-12 proses inkubasi. Hasil kajian menunjukkan bawang hitam mengandungi 49.5% lembapan, diikuti dengan karbohidrat sebanyak

42.1% dan jumlah kandungan gula 8.62% serta protein sekitar 6%. Selain itu, kandungan tenaga bagi 100 g bawang hitam ialah 201 kkal dan kandungan serat diet sebanyak 4.2%. Bawang hitam didapati rendah dengan kandungan lemak dan abu.

Jadual 1. Nilai pemakanan bawang hitam pada hari ke-12 inkubasi

| Analisis proksimat         | g/100 g sampel |
|----------------------------|----------------|
| Kandungan air              | 49.50          |
| Protein                    | 6.00           |
| Lemak                      | 1.00           |
| Abu                        | 1.40           |
| Karbohidrat                | 42.10          |
| Jumlah gula                | 8.62           |
| Tenaga (kkal/100 g sampel) | 201.00         |
| Serat diet                 | 4.20           |

**Analisis kandungan mikrob sepanjang tempoh penyimpanan selama 12 bulan**

Analisis kandungan mikrob amat penting bagi menentukan kualiti bawang hitam. Kandungan mikrob bawang hitam mesti berada pada aras yang selamat untuk dimakan. Berikutan Akta Makanan 1983 (Malaysia) masih belum mempunyai rujukan rasmi mikrobiologi bagi kategori bawang hitam, aras bacaan bakteria dirujuk kepada *Compendium of Microbiological Criteria for Food (Food Standards Australia – New Zealand)* sepanjang kajian ini. *Jadual 2* menunjukkan had mikrobiologi bagi tahap yang selamat dimakan bagi kategori 2, *Food Standards Australia – New Zealand*.

Jadual 2. Had mikrobiologi yang dinyatakan bagi makanan sedia dimakan dalam *Compendium of Microbiology Criteria for Food (Food Standards Australia-New Zealand)*

| Rujukan                                                 | <i>Compendium of Microbiological Criteria for Food (Food Standards Australia – New Zealand)</i> |                                    |                                    |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Organisma                                               | Keputusan analisis (CFU/g atau mL)                                                              |                                    |                                    |
|                                                         | Selamat dimakan                                                                                 | Tahap marginal/ sempadan           | Tidak selamat dimakan              |
| <i>Mesophilic aerobic bacteria</i> (MAB)<br>*Kategori 2 | <10 <sup>4</sup>                                                                                | 10 <sup>4</sup> – <10 <sup>6</sup> | ≥ 10 <sup>6</sup>                  |
| Enterobacteriaceae (termasuk koliform)                  | <10 <sup>2</sup>                                                                                | 10 <sup>2</sup> – 10 <sup>4</sup>  | > 10 <sup>4</sup>                  |
| <i>Escherichia coli</i>                                 | <3                                                                                              | 3 – <10 <sup>2</sup>               | >10 <sup>2</sup>                   |
| <i>Staphylococcus aureus</i>                            | <10 <sup>2</sup>                                                                                | 10 <sup>2</sup> – <10 <sup>3</sup> | 10 <sup>3</sup> – ≤10 <sup>4</sup> |
| Yis dan kulat                                           | <10 <sup>2</sup>                                                                                | 10 <sup>2</sup> – 10 <sup>4</sup>  | > 10 <sup>4</sup>                  |

Kajian jangka hayat telah dijalankan ke atas bawang hitam yang dihasilkan pada tempoh optimum pemprosesan (12 hari). Penilaian mikrobiologi dijalankan bagi menentukan tahap keselamatan bawang hitam yang disimpan pada suhu bilik sehingga 12 bulan. *Jadual 3* menunjukkan kandungan Jumlah Kiraan Plat (TPC), yis dan kulat (Y & M), *E. coli* dan *S. aureus* bawang hitam yang disimpan pada tempoh tersebut. Merujuk *Compendium of Microbiology Criteria for Food (Food Standards Australia – New Zealand)*, bacaan mikrobiologi bawang hitam yang ditunjukkan dalam *Jadual 3* berada pada aras yang selamat untuk dimakan sehingga 12 bulan penyimpanan pada suhu bilik.

Jadual 3. Analisis mikrobiologi bawang hitam yang disimpan pada suhu bilik selama 12 bulan

| Bawang hitam (bulan) | Jumlah kiraan plat (CFU/g) | Yis dan kulat (CFU/g) | Koliform (CFU/g) | <i>Escherichia coli</i> (CFU/g) | <i>S. aureus</i> (CFU/g) |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0                    | $5.0 \times 10$            | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |
| 1                    | $1.1 \times 10^2$          | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |
| 2                    | $<1 \times 10$             | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |
| 4                    | $<1 \times 10$             | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |
| 6                    | $<1 \times 10$             | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |
| 8                    | $1.0 \times 10$            | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |
| 12                   | $<1 \times 10$             | $<1 \times 10^2$      | $<1 \times 10$   | $<1 \times 10$                  | $<1 \times 10^2$         |

Nota: Keputusan mikrobiologi adalah memuaskan berdasarkan *Compendium of Microbiology Criteria for Food (Food Standards Australia-New Zealand)*. Nilai  $<1 \times 10$  dan  $<1 \times 10^2$  menunjukkan bahawa mikroorganisma yang diuji tidak dikesan dalam sampel yang dianalisis

### Kesimpulan

Tempoh inkubasi optimum bagi penghasilan bawang hitam ialah 12 hari. Ini dibuktikan melalui kualiti ciri fizikokimia pada bawang hitam yang dihasilkan. Analisis asid amino mendapati lisina memainkan peranan penting dengan bertindak balas bersama gula penurunan melalui tindak balas Maillard semasa rawatan terma, menyebabkan perubahan warna bawang putih menjadi hitam. Kajian jangka hayat penyimpanan bawang hitam menunjukkan kandungan mikrob pada aras selamat untuk dimakan sehingga 12 bulan penyimpanan pada suhu bilik.

### Penghargaan

Setinggi-tinggi penghargaan buat kakitangan Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan dan Pusat Penyelidikan Sosio Ekonomi, Risikan Pasaran dan Agribisnes MARDI yang terlibat secara langsung dan tidak langsung bagi menjayakan projek penyelidikan ini. Projek ini dibiayai oleh Projek Khas MADANI dengan tajuk Projek Utama: Pembangunan Makanan Berfungsi daripada Sumber Agropertanian Tempatan dan Sub-Projek: *Black garlic* atau bawang hitam untuk kawalan kolesterol dengan kod projek K/G00M0310.

## Bibliografi

- Bedrníček, J., Laknerová, I., Lorenc, F., de Moraes, P. P., Jarošová, M., Samková, E., Tříska, J., Vrchotová, N., Kadlec, J., & Smetana, P. (2021). The use of a thermal process to produce black garlic: Differences in the physicochemical and sensory characteristics using seven varieties of fresh garlic. *Foods*, 10, 2703.
- Compendium of Microbiological Criteria for Food (2018). Food Standards Australia New Zealand (FSANZ), Section 1, Table 1–3.
- Choi, D. J., Lee, S. J., Kang, M. J., Cho, H. S., Sung, N. J., & Shin, J. H. (2008). Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 37, 465–471.
- Nakagawa, K., Maeda, H., Yamaya, Y., & Tonosaki, Y. (2020). Maillard reaction intermediates and related phytochemicals in black garlic determined by EPR and HPLC analyses. *Molecules*, 25, 4578.
- Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Cha, J. Y., Kim, J. G., & Sung, N. J. (2008). Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J. Life Sci.* 18, 1123–1131.
- Toledano-Medina, M. A., Pérez-Aparicio, J., Moreno-Ortega, A., & Moreno-Rojas, R. (2019). Influence of variety and storage time of fresh garlic on the physico-chemical and antioxidant properties of black garlic. *Foods*, 8, 314.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., & Wang, J. (2016). The comparison of the contents of sugar, Amadori, and Heyns compounds in fresh and black garlic. *J. Food Sci.*, 81, 1662–1668.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., & Wang, J. (2018). An analysis of the changes on intermediate products during the thermal processing of black garlic. *Food Chem.*, 239, 56–61.
- Zhang, X., Li, N., Lu, X., Liu, P., & Qiao, X. (2016). Effects of temperature on the quality of black garlic. *J. Sci. Food Agric.*, 96, 2366–2372.

## Ringkasan

Bawang hitam atau *black garlic* dihasilkan daripada bawang putih tunggal (bawang solo atau bawang lanang) yang diinkubasi melalui rawatan terma pada suhu dan kelembapan relatif yang terkawal. Proses ini mengubah bawang putih menjadi gelap, memberikan rasa manis dan mengubah teksturnya menjadi kenyal seperti jeli. Bawang hitam dihasilkan melalui proses inkubasi bawang putih tunggal dalam periuk bertutup pada suhu 72 °C dan kelembapan relatif 80%. Proses ini dijalankan selama 15 hari dan sampel diambil setiap 1, 3, 6, 9, 12 dan 15 hari untuk analisis ciri fizikokimia bagi mendapatkan tempoh inkubasi yang optimum. Analisis yang dijalankan termasuklah warna, kandungan lembapan dan asid amino. Sepanjang proses inkubasi, warna bawang putih menjadi gelap dan pada hari kesembilan sehingga hari ke-15 nilai L\* tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Ini menunjukkan proses pemerangan telah mencapai tahap optimum. Sementara itu, kandungan asid amino lisina berkurangan secara linear. Ini menunjukkan asid amino lisina adalah asid amino yang bertanggungjawab berinteraksi dengan gula penurun semasa penghasilan bawang hitam. Kajian jangka hayat telah dijalankan terhadap bawang hitam yang diinkubasi pada tempoh yang optimum iaitu selama 12 hari. Penilaian mikrobiologi menunjukkan bawang hitam selamat untuk dimakan sehingga 12 bulan penyimpanan pada suhu bilik.

### Summary

Black garlic was produced from single-clove garlic (solo garlic or *bawang lanang*) through incubation under controlled thermal conditions of temperature and relative humidity. The process transformed the garlic into a dark product with a sweet taste and a chewy, jelly-like texture. Incubation was carried out in a closed vessel at 72 °C with 80% relative humidity for a period of 15 days. Samples were collected at intervals on days 1, 3, 6, 9, 12 and 15 for physicochemical analyses to determine the optimum incubation duration. The parameters analysed included colour, moisture content and amino acid composition. Progressive darkening of the garlic was observed throughout the incubation period and no significant changes in L\* values were detected between days 9 and 15, indicating that browning had reached an optimal level. In contrast, the lysine content decreased linearly, indicating that this amino acid was primarily involved in interactions with reducing sugars during the formation of black garlic. A shelf-life study was subsequently conducted on black garlic incubated for the optimum period of 12 days. Microbiological evaluation indicated that black garlic remained safe for consumption for up to 12 months of storage at ambient temperature.

### Pengarang

Madzlan Kasran (Dr.)

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI,  
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: madzlan@mardi.gov.my

Raja Arief Raja Nasharuddin, Zuwariah Ishak, Khairunizah Hazila Khalid (Dr.), Mohd Fakhri Hashim, Ahmad Huzairi Imam Musanif, Ashahida Imran dan Nik Mohd Faiz Che Mohd Nor

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI,  
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor