

Kualitas Tempe Kedelai pada Berbagai Suhu Penyimpanan

Quality of Soybean "Tempe" Stored Under Various Temperature Conditions

Y. Aris Purwanto dan Weliana

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga Bogor 16680

arispurwanto@apps.ipb.ac.id

Riwayat Naskah:

Diterima 10, 2018
Direvisi 11, 2018
Disetujui 12, 2018

ABSTRAK. Tempe merupakan produk olahan tradisional hasil fermentasi kedelai oleh kapang *Rhizopus sp.* yang memiliki keterbatasan umur simpan. Karakteristik tempe pada berbagai kondisi suhu penyimpanan penting diketahui untuk menentukan kondisi penyimpanan yang terbaik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas dan umur simpan tempe yang disimpan pada berbagai suhu penyimpanan. Suhu penyimpanan yang digunakan adalah 5°C, 15°C dan suhu ruang sebagai kontrol. Parameter kualitas yang diamati yaitu laju respirasi, susut bobot, kekerasan, kandungan protein, dan perubahan warna. Berdasarkan hasil percobaan, penyimpanan pada suhu 5°C menunjukkan laju respirasi paling rendah dan parameter kualitas yang paling baik. Umur simpan tempe pada suhu 5°C, 15°C dan suhu ruang masing-masing adalah 13, 5 dan 2 hari.

Kata kunci: laju respirasi, penyimpanan, tempe, umur simpan

ABSTRACT. *Tempe* is an Indonesian traditional fermented food made from soybeans by *Rhizopus sp.* *Tempe* is a perishable food with a relatively short shelf life. Understanding the characteristic of *tempe* at various temperature storage conditions is important to find the best storage condition. The objective of this study was to analyze the quality and storage period of *tempe* stored at different temperature conditions. Storage temperature conditions were set at 5 °C, 15°C and room temperature as a control. The quality parameters, i.e., respiration rate, weight loss, firmness, protein content, and change in color were measured during the storage period. The result shows that 5°C has the lowest respiration rate and better quality than other temperature storage conditions. The storage period of *tempe* stored at 5°C, 15°C and room temperature were 13, 5 dan 2 days, respectively.

Keywords: shelf life, tempe, storage, respiration rate

1. Pendahuluan

Tempe merupakan produk pangan olahan tradisional hasil fermentasi kedelai oleh aktivitas kapang *Rhizopus sp.*, seperti *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae*, dan *R. Arrhizus* (Nout dan Kiers, 2005; Astawan et al. (2013)). Harganya yang relatif murah, sifat fungsionalnya yang baik, dan kandungan proteinnya yang tinggi, membuat tempe semakin digemari oleh berbagai lapisan masyarakat (Astawan et al. (2016)). Tempe memiliki keterbatasan pada umur simpannya yang pendek. Penyimpanan tempe pada suhu ruang memiliki keterbatasan umur simpan, yaitu sekitar 2-3 hari (Saputra, 2006). Terbatasnya umur simpan tempe disebabkan aktivitas enzimatis dari kapang tempe. Kadar protein tempe berkisar 46.68 – 52.70 persen (bk) dan meningkat dibandingkan kadar protein pada kedelai yaitu antara 37.10 – 41.79 persen (bk). Menurut Bavia et al. (2012), peningkatan

kadar protein pada tempe disebabkan oleh hilangnya beberapa komponen terlarut seperti mineral dan gula dari biji kedelai. Ferreira et al. (2011) menambahkan, akan terjadi peningkatan kadar protein sebanyak 21 persen pada tempe jika dibandingkan dengan kotiledon. Kerusakan tempe dapat dilihat dari tanda-tanda adanya perubahan warna miselium kapang menjadi coklat dan pembentukan bau amonia. Pada proses kerusakan tempe, protein terdegradasi oleh enzim-enzim proteolitik yang menghasilkan amoniak (NH₃). Faktor inilah yang mempengaruhi terbatasnya penjualan tempe kepada konsumen dan jangkauan jarak pemasaran. Ciri-ciri tempe yang sudah tidak layak dikonsumsi lagi yaitu sudah berwarna kehitaman, basah, berlendir, dan berbau amonia (Cahyadi, 2007).

Pada umumnya penyimpanan untuk produk yang masih aktif melakukan metabolisme dilakukan pada suhu rendah dengan tujuan untuk mengurangi laju respirasi, mengontrol

pertumbuhan mikroorganisme, dan memperlambat aktivitas metabolisme (Samad, 2006). Untuk produk pangan, penyimpanan umumnya dilakukan pada antara suhu 0 sampai 10°C. Semakin rendah suhu penyimpanan maka proses pembusukan akan semakin melambat. Setiap penurunan suhu 10°C kecepatan reaksi enzimatik dapat diperlambat kurang lebih setengahnya (Mathlouthi, 2013).

Penyimpanan suhu rendah dan pengemasan dapat memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu. Tempe yang dikemas dalam kemasan vakum memiliki umur simpan 3 hari apabila disimpan pada suhu ruang dan selama 18 hari apabila disimpan pada suhu 10°C. Nugraha (2007) menyatakan bahwa tempe yang disimpan pada suhu 4°C dapat bertahan hingga 12 hari sedangkan yang disimpan pada suhu ruang hanya mampu bertahan selama 1 hari. Beberapa peneliti melakukan kajian penyimpanan untuk memperpanjang masa simpan tempe seperti Lastriyanto *et al.* (2016) menggunakan kemasan vakum pada suhu dingin, Argo *et al.* (2016) menggunakan pancaran radiasi sinar ultraviolet untuk menghambat peningkatan jumlah kapang. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kualitas dan umur simpan tempe pada berbagai suhu penyimpanan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Persiapan bahan

Tempe yang berbahan dasar kedelai diperoleh dari Rumah Tempe Indonesia di Bogor yang telah difermentasikan selama dua hari. Penyimpanan dilakukan pada suhu 5 °C, 15°C dan suhu ruang. Penyimpanan pada suhu ruang diperlakukan sebagai kontrol. Pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali sampai dengan tempe dinyatakan sudah mengalami kerusakan. Pengamatan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.

2.2. Parameter pengamatan

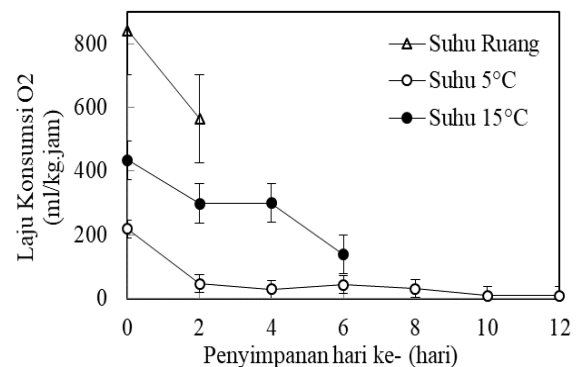
Parameter kualitas tempe selama penyimpanan yang diamati adalah laju respirasi, susut bobot, perubahan warna, dan kandungan protein. Laju respirasi diukur dengan menggunakan *Gas Analyzer* (Immah, 2016). Sampel tempe yang digunakan adalah 300 g. Sampel dimasukkan dalam *chamber* yang volumenya telah diketahui. *Chamber* disimpan pada masing-masing suhu penyimpanan. Laju respirasi diukur setiap dua hari sekali. Kekerasan diukur dengan menggunakan *Rheometer* dengan *probe* silinder pejal dengan diameter 5 mm. Sampel disiapkan dengan ketebalan ± 2 cm. Pengukuran perubahan warna menggunakan *Chromameter*. Setiap sampel dilakukan pengukuran pada dua titik bagian atas dan bawah tempe. Data hasil

pengukuran warna berupa nilai kecerahan (L), nilai kromatik merah hijau (a), dan nilai kromatik warna biru kuning (b). Data hasil pengukuran kemudian diterjemahkan menjadi nilai Hue (Hutching, 1999). Pengukuran kandungan protein menggunakan metode Kjeldhal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Laju Respirasi

Laju respirasi terdiri dari laju konsumsi oksigen dan laju pengeluaran karbondioksida. Berdasarkan hasil pengukuran, suhu penyimpanan berpengaruh terhadap laju respirasi. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka laju respirasinya semakin besar. Hasil pengukuran laju konsumsi O₂ tempe selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil pengukuran laju konsumsi O₂ tempe selama penyimpanan

Laju konsumsi O₂ pada suhu ruang merupakan laju respirasi yang paling tinggi dibandingkan dengan suhu 5 °C dan 15°C. Hal ini menunjukkan bahwa laju respirasi akan semakin tinggi seiring dengan tingginya suhu penyimpanan. Pada hari penyimpanan ke-0 laju respirasi pada suhu ruang sebesar 841.85 ml/kg.jam sedangkan pada hari penyimpanan yang sama, laju respirasi pada suhu 15°C sebesar 435.77 ml/kg.jam. Laju respirasi pada suhu 5°C merupakan yang paling rendah yaitu sebesar 219.23 ml/kg.jam. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpanan suhu dingin dapat menurunkan laju respirasi tempe.

Untuk suhu ruang pada hari penyimpanan ke-2, terjadi penurunan laju konsumsi O₂. Hal ini menunjukkan bahwa tempe yang disimpan pada suhu ruang telah mengalami kerusakan. Penurunan laju respirasi merupakan petunjuk terjadinya kerusakan enzim. Pambudi (2013), menyatakan bahwa tempe yang disimpan dalam suhu ruang dan tidak terkemas dengan baik hanya bertahan maksimal 2 hari. Menurut Muslikhah *et al.* (2013), jamur *Rhizopus* akan mati pada 2 x 24 jam dan akan tumbuh jamur lain serta bakteri yang dapat

merombak protein dalam tempe sehingga menyebabkan bau tidak enak. Bau busuk tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim proteolitik yang menguraikan protein menjadi peptida atau asam amino secara anaerobik sehingga dihasilkan gas H_2S , amoniak, metil sulfida, amina, dan senyawa-senyawa lain berbau busuk.

Penyimpanan pada suhu $15^{\circ}C$, laju konsumsi O_2 mengalami penurunan pada hari penyimpanan ke-2. Penurunan belum mengindikasikan kerusakan melainkan terjadi penghambatan proses metabolisme dan reaksi-reaksi kimia pada tempe akibat penyimpanan dingin. Hal ini dijelaskan oleh Moreno et al. (2002) yang menyatakan penggunaan suhu rendah dapat dilakukan untuk menghambat atau mencegah reaksi-reaksi kimia, reaksi enzimatik atau pertumbuhan mikroba. Suhu penyimpanan yang rendah akan memperlambat proses tersebut. Hingga hari penyimpanan ke-4, laju konsumsi O_2 mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan kapang tempe masih dapat tumbuh pada suhu tersebut sehingga kapang terus melakukan proses respirasi. Laju konsumsi O_2 pada suhu $15^{\circ}C$ mengalami penurunan pada hari penyimpanan ke-6 yang menunjukkan bahwa tempe telah mengalami kerusakan.

Laju konsumsi O_2 pada suhu $5^{\circ}C$ mengalami penurunan yang signifikan pada hari penyimpanan ke-2. Laju respirasi pada suhu tersebut terus menurun hingga hari penyimpanan ke-4, akan tetapi pada hari penyimpanan ke-6 laju konsumsi O_2 mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari penyimpanan ke-6, tempe mengalami peningkatan metabolisme sehingga laju konsumsi O_2 juga mengalami kenaikan. Laju konsumsi O_2 terus mengalami penurunan hingga penyimpanan hari ke-12. Namun, indikasi terjadinya kerusakan baru terlihat pada hari penyimpanan ke-12 berupa perubahan warna menjadi kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa tempe yang disimpan pada suhu $5^{\circ}C$ mengalami kerusakan pada hari penyimpanan ke-12.

Gambar 2 menunjukkan laju pengeluaran CO_2 pada suhu ruang lebih tinggi dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya. Semakin meningkatnya konsumsi O_2 maka CO_2 yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini terlihat pada semua perlakuan dimana pada saat laju konsumsi O_2 meningkat, laju pengeluaran CO_2 juga mengalami peningkatan. Penurunan laju konsumsi O_2 pada hari penyimpanan ke-2 di suhu ruang ikut menurunkan laju pengeluaran CO_2 .

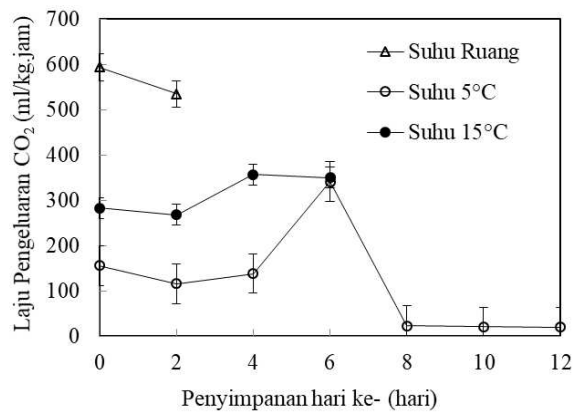
Pada suhu $15^{\circ}C$, laju pengeluaran CO_2 menurun pada hari penyimpanan ke-2. Penurunan ini sebagai dampak dari penyimpanan dingin pada bahan. Pada hari penyimpanan ke-4 terjadi peningkatan laju pengeluaran CO_2 . Peningkatan laju pengeluaran CO_2 ini mengakibatkan perubahan fisiologis berupa

perubahan protein dan warna. Laju pengeluaran CO_2 pada hari penyimpanan ke-6 mengalami penurunan yang mengindikasikan bahwa kerusakan tempe terjadi pada hari penyimpanan ke-6. Sedangkan pada hari penyimpanan ke-4 menjadi titik kritis penyimpanan tempe pada suhu $15^{\circ}C$ sebelum terjadinya kerusakan.

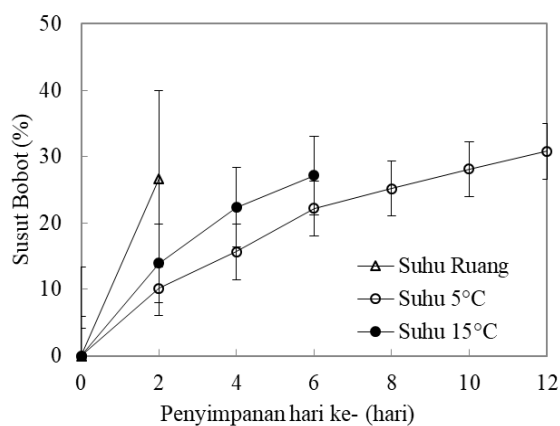
Laju pengeluaran CO_2 pada suhu $5^{\circ}C$ mengalami penurunan pada hari penyimpanan ke-2 akan tetapi pada hari penyimpanan ke-4 ketika laju konsumsi O_2 menurun, laju pengeluaran CO_2 justru meningkat. Laju pengeluaran CO_2 pada suhu $5^{\circ}C$ terus mengalami kenaikan hingga hari penyimpanan ke-6. Ronald et al. (2006) menyatakan bahwa dalam proses metabolisme *Rhizopus oryzae* substrat yang dirombak selama proses respirasi akan lebih banyak diubah menjadi karbon dioksida. Hal ini dapat menjelaskan laju pengeluaran CO_2 yang lebih tinggi dibandingkan laju konsumsi O_2 selama penelitian. Pada hari penyimpanan ke-6 menjadi titik kritis penyimpanan sebelum mengalami kerusakan pada hari penyimpanan ke-8 hingga ke-12 yang ditandai dengan laju pengeluaran CO_2 yang cenderung mengalami penurunan. Penurunan ini mengindikasikan bahwa substrat yang tersedia untuk melakukan proses respirasi semakin berkurang.

3.1. Susut Bobot

Susut bobot selama penyimpanan merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas tempe selama penyimpanan. Susut bobot yang besar dapat mengakibatkan pengeriputan pada tempe. Susut bobot tempe semakin besar seiring dengan semakin tingginya suhu penyimpanan yang terlihat pada hari penyimpanan ke-2 (Gambar 3). Persentase susut bobot pada hari penyimpanan ke-2 untuk $5^{\circ}C$, $15^{\circ}C$ dan suhu ruang masing-masing adalah 10.15; 13.94 dan 26.65%. Peningkatan persentase susut bobot ini juga dipengaruhi oleh semakin tingginya laju respirasi. Laju respirasi yang masih tinggi pada semua perlakuan di hari penyimpanan ke-2 mengakibatkan kehilangan kadar air karena proses penguapan atau transpirasi dari tempe ke lingkungan semakin besar. Kehilangan kadar air inilah yang mengakibatkan terjadinya susut bobot pada tempe selama penyimpanan.



Gambar 2. Hasil pengukuran laju pengeluaran CO₂ selama penyimpanan



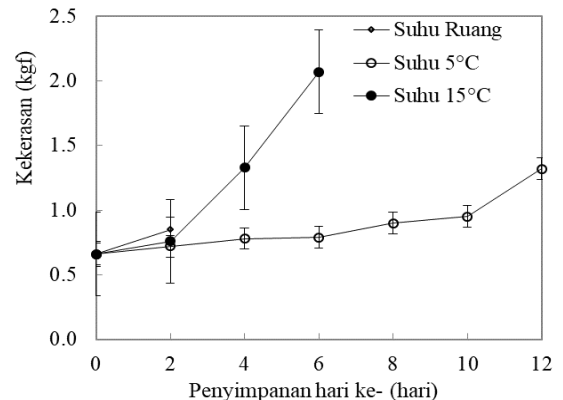
Gambar 3. Susut bobot tempe selama penyimpanan

Susut bobot pada suhu 15°C dan suhu 5°C terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa proses transpirasi terus berlangsung selama penyimpanan di suhu rendah. Total persentase susut bobot pada suhu 5°C selama penyimpanan sebesar 30.79% sedangkan total persentase susut bobot pada suhu 15°C selama penyimpanan sebesar 27.16%. Persentase susut bobot pada suhu 5°C lebih tinggi dibandingkan suhu 15°C disebabkan karena umur simpan produk pada suhu 5°C yang lebih panjang.

3.2. Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi penerimaan konsumen. Pada umumnya kekerasan suatu produk makanan cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur simpan, akan tetapi pada produk tempe segar yang terjadi justru sebaliknya. Kekerasan pada produk tempe cenderung mengalami peningkatan (Gambar 4) karena kehilangan air pada tempe semakin bertambah tanpa diikuti dengan terjadinya proses gelatinisasi

pati kedelai dan tidak dilakukannya proses pemanasan pada perlakuan awal sehingga miselium kapang tempe tidak mengalami kehilangan kemampuan untuk membangun jaringan tempe. Hal ini menyebabkan tidak terjadinya proses pelunakan pada tempe selama penyimpanan. Peningkatan nilai kekerasan pada tempe selama penyimpanan dapat disebabkan juga oleh terus berkurangnya kadar air pada bahan sehingga meningkatkan kekompakan partikel penyusun tempe yang menyebabkan tempe menjadi lebih keras. Pada hari penyimpanan ke-2 kekerasan tempe pada suhu ruang lebih tinggi dibandingkan suhu 5°C dan 15°C. Pada hari penyimpanan ke-2 kekerasan pada suhu ruang, 15°C dan 5°C masing-masing sebesar 0.85 kgf, 0.76 kgf, dan 0.72 kgf. Hal ini menunjukkan hubungan antara kehilangan kadar air dengan kekerasan. Kadar air pada suhu ruang lebih rendah dibandingkan dua perlakuan lainnya sehingga menghasilkan tingkat kekerasan yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik kekerasan tempe selama penyimpanan

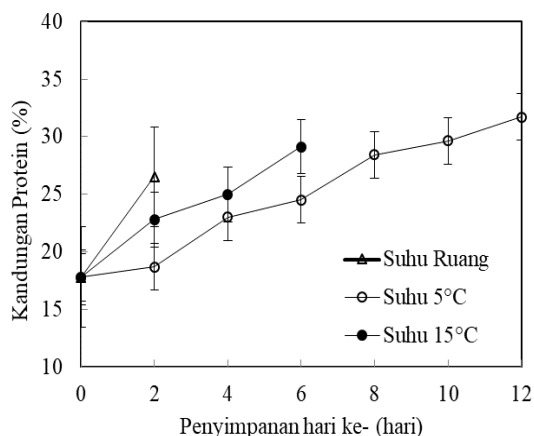
Kekerasan pada suhu 15°C meningkat seiring dengan bertambahnya umur simpan. Peningkatan kekerasan secara signifikan terjadi pada hari penyimpanan ke-4. Peningkatan ini terjadi seiring dengan menurunnya kadar air pada tempe. Air yang keluar dari sel-sel tempe akan meningkatkan tekanan turgor pada sel sehingga tempe semakin mengeras. Kekerasan pada suhu 5°C juga mengalami peningkatan selama penyimpanan walaupun tidak sebesar suhu 15°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu penyimpanan dapat memperlambat laju peningkatan kekerasan. Kekerasan terus mengalami peningkatan hingga hari penyimpanan ke-12. Kekerasan pada suhu 5°C tidak sebesar kekerasan pada suhu 15°C. Hal ini disebabkan karena laju respirasi yang lebih rendah pada suhu 5°C. Laju respirasi yang lebih rendah mengakibatkan penurunan kadar air yang lebih rendah. Penurunan kadar air pada suhu 5°C terjadi secara perlahan-lahan dibandingkan dengan suhu

15°C sehingga penyimpanan pada suhu 15°C menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 5°C.

3.3. Kandungan Protein

Tempe merupakan komoditas yang memiliki kandungan protein tinggi. Kandungan protein pada tempe selama penyimpanan cenderung mengalami peningkatan. Peningkatan ini disebabkan karena kandungan kadar air pada tempe terus mengalami penurunan namun tidak terjadi denaturasi protein karena tempe disimpan pada suhu dingin. Kandungan protein tempe selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 5.

Kandungan protein tempe pada hari penyimpanan ke-0 sebesar 17.78 %. Pada hari penyimpanan ke-2 untuk suhu ruang, kandungan protein tempe meningkat menjadi 26.51 %. Kandungan protein pada suhu 5°C cenderung mengalami peningkatan secara perlahan-lahan. Hal ini disebabkan karena kadar air pada suhu 5°C berkurang secara perlahan, sementara kandungan protein tidak mengalami kerusakan karena disimpan pada suhu rendah. Kandungan protein pada suhu 5°C hari penyimpanan ke-12 sebesar 30.71 %. Peningkatan kandungan protein pada suhu 15°C cenderung lebih cepat karena kadar air menurun lebih cepat dibandingkan suhu 5°C. Pada akhir periode penyimpanan suhu 15°C kandungan protein pada tempe sebesar 29.13%.



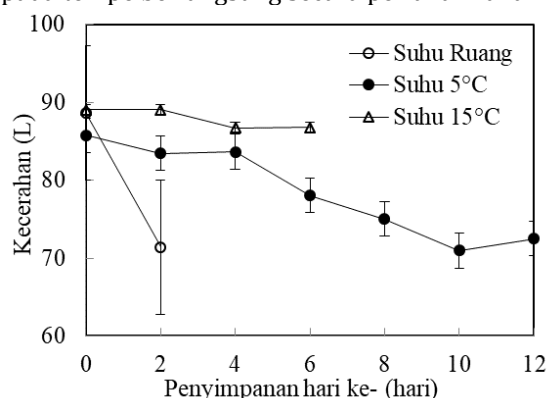
Gambar 5. Grafik kandungan protein selama penyimpanan

3.4. Perubahan Warna

Warna merupakan salah satu parameter yang pertama kali dilihat oleh konsumen. Kenampakan tempe secara visual menunjukkan perubahan warna menjadi kecoklatan pada penyimpanan suhu dingin. Warna coklat pada tempe dapat disebabkan oleh terjadinya proses oksidasi senyawa fenolik pada bahan yang dikatalis dengan enzim polifenol oksidase menjadi senyawa quinon yang berwarna

kecoklatan (Friedman, 1996). Perubahan warna tempe pada suhu ruang tidak menjadi kecoklatan melainkan menjadi berwarna kehitaman. Hal ini disebabkan karena spora kapang terus mengalami pertumbuhan hingga berwarna kehitaman. Perubahan kecerahan tempe selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tingkat kecerahan tempe selama penyimpanan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan pada semua perlakuan. Penurunan kecerahan tempe paling signifikan terjadi pada suhu ruang hari penyimpanan ke-2. Hal ini disebabkan karena kapang tempe terus melakukan metabolisme dan pertumbuhan sehingga tempe mengalami perubahan warna menjadi kehitaman. Penurunan tingkat kecerahan pada suhu dingin lebih lambat dibandingkan dengan suhu ruang. Hal ini terjadi karena pada penyimpanan suhu dingin, proses metabolisme dari kapang tempe berlangsung secara lambat yang ditandai dengan semakin rendahnya laju respirasi. Laju respirasi yang semakin rendah menyebabkan proses pencoklatan pada tempe berlangsung secara perlahan-lahan.

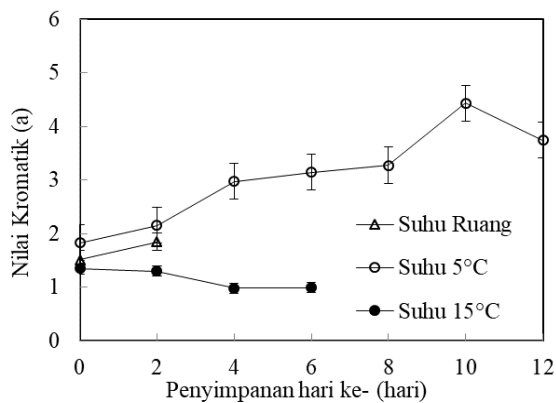


Gambar 6. Grafik kecerahan tempe selama penyimpanan

Parameter perubahan warna lainnya yang menunjukkan terjadinya perubahan kualitas pada tempe adalah nilai kromatik merah-hijau (a). Nilai a apabila bernilai negatif menunjukkan perubahan warna menjadi hijau, sedangkan apabila nilainya positif menunjukkan perubahan warna kearah kemerahan. Perubahan nilai a pada tempe selama penyimpanan menunjukkan perubahan warna menjadi kemerahan.

Perubahan nilai warna a pada tempe selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 7. Perubahan warna tempe pada suhu ruang mengalami penurunan nilai warna a dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya yang cenderung menunjukkan kenaikan nilai warna a. Hal ini disebabkan karena pada suhu ruang spora kapang yang terus tumbuh membuat tempe mengalami perubahan warna menjadi kehitaman, sedangkan pada suhu dingin perubahan warna yang terjadi

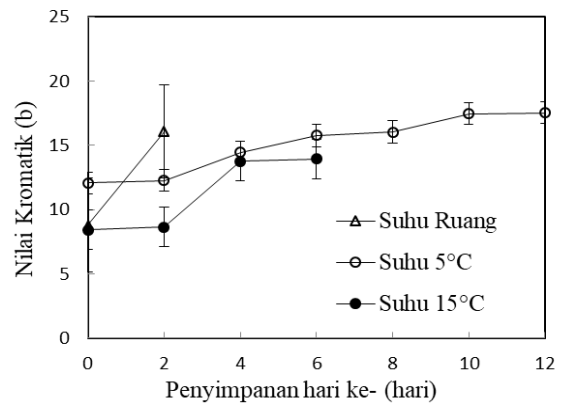
menjadi kecoklatan pada suhu 5°C dan kekuningan pada suhu penyimpanan 15°C.



Gambar 7. Grafik nilai kromatik merah-hijau tempe selama penyimpanan

Nilai kromatik biru-kuning (b) juga dapat mengindikasikan terjadinya perubahan warna pada tempe selama penyimpanan. Nilai warna b apabila bernilai negatif menunjukkan perubahan warna menjadi kebiruan, sedangkan apabila bernilai positif menunjukkan perubahan warna menuju kekuningan (Gambar 8). Perubahan warna pada tempe selama penyimpanan menunjukkan perubahan warna menuju kekuningan pada seluruh perlakuan penyimpanan. Kenaikan nilai warna kromatik menuju kekuningan disebabkan oleh terus terjadinya reaksi pencoklatan enzimatis selama penyimpanan. Perubahan warna menuju kekuningan yang semakin cepat berbanding lurus dengan suhu penyimpanan dan laju respirasi. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju respirasi tempe akan semakin tinggi sehingga reaksi pencoklatan enzimatis semakin cepat berlangsung. Hal ini terlihat pada penyimpanan suhu ruang. Nilai kromatik biru-kuning meningkat secara signifikan pada hari penyimpanan ke-2, sedangkan pada suhu 5 °C dan 15°C perubahan warna menuju kekuningan berlangsung secara perlahan-lahan.

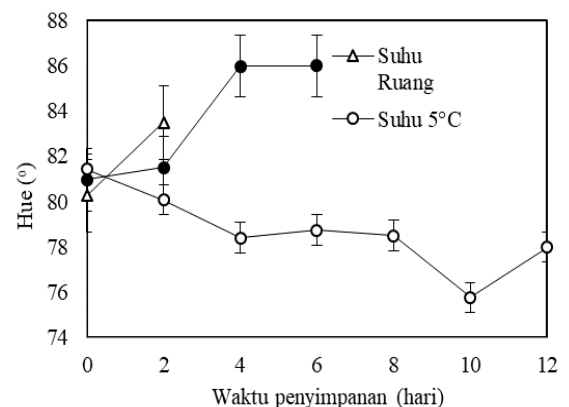
Gambar 9 menunjukkan nilai derajat Hue tempe pada awal penyimpanan berkisar antara 80.26-81.44° berada pada range warna merah-kekuningan (Hutching, 1999). Pada penyimpan suhu ruang dan suhu 15° nilai Hue meningkat seiring dengan bertambahnya umur penyimpanan. Hal ini menunjukkan perubahan warna akan menjadi semakin kekuningan pada suhu ruang dan 15°C. Pada penyimpanan suhu 5°C nilai Hue cenderung mengalami penurunan selama penyimpanan. Hal ini menunjukkan tempe yang disimpan pada suhu tersebut mengalami perubahan menjadi kecoklatan.



Gambar 8. Grafik nilai kromatik biru-kuning tempe selama penyimpanan

3.5. Pengamatan visual

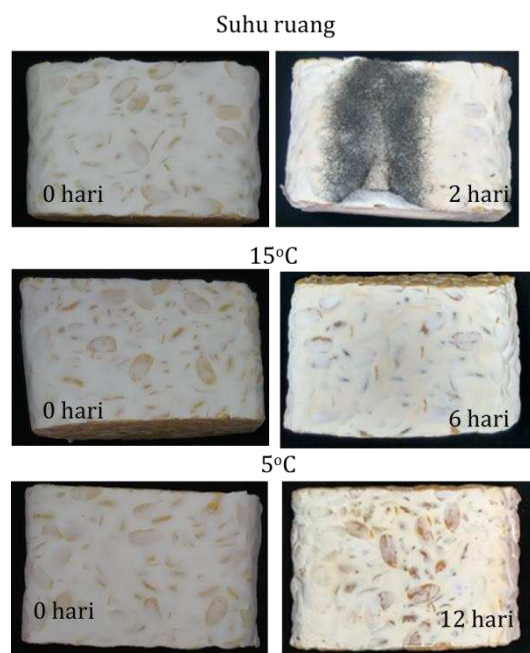
Pengamatan visual dilakukan selama penyimpanan pada pengukuran kualitas tempe. Gambar 11 menunjukkan pengamatan secara visual tempe pada kondisi penyimpanan suhu ruang, 15 dan 5°C. Tempe yang disimpan pada suhu ruang, pada hari penyimpanan ke-2 sudah tumbuh jamur dan berwarna hitam pada permukaan. Sementara pada suhu penyimpanan 15 dan 5°C tidak terlihat gejala seperti pada penyimpanan suhu ruang.



Gambar 9. Grafik nilai hue tempe selama penyimpanan

4. Kesimpulan

Laju respirasi tempe paling rendah terjadi pada suhu 5°C, sedangkan laju respirasi paling tinggi yaitu pada suhu ruang. Titik kritis laju respirasi tempe pada suhu ruang, 15 dan 5°C masing-masing terjadi pada hari penyimpanan ke-0, ke-4 dan ke-6. Berdasarkan hasil pengamatan, kualitas tempe selama penyimpanan terus mengalami penurunan. Umur simpan produk pada suhu 5, 15°C dan suhu ruang masing-masing adalah 13, 5 dan 2 hari.



Gambar 11. Perubahan kondisi tempe pada penyimpanan suhu ruang, 15 dan 5°C selama 2, 6 dan 12 hari

Daftar Pustaka

- Argo BD, Komar N, Rahmawati SR, Prasetyo J. (2016). Uji Performansi Penyimpanan Tempe Menggunakan Pancaran Radiasi Ultraviolet. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 4 No. 3, 187-198
- Astawan M, Wresdiyati T, Widowati S, Bintari SH, Ichsania, N. (2013). Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Tempe yang Dihasilkan dari Berbagai Varietas Kedelai. *PANGAN*, Vol. 22 No. 3: 241-252.
- Astawan M, Wresdiyati T, Ichsan M. (2016). Karakteristik fisikokimia tepung tempe kecambah kedelai. *J. Gizi Pangan*, Maret 2016, 11(1):35-42.
- Bavia ACL, Silva CE, Ferreira MP, Leite RS, Mandarino JMG, Carrao-Panizzi MC. (2012). Chemical Composition of Tempeh from Soybeans Cultivars Specially Developed for Human Consumption. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Vol. 32: 613-620.
- Cahyadi W. (2007). *Kedelai: Khasiat dan Teknologi*. Jakarta (ID). Bumi Aksara.
- Ferreira, M. (2011). Changes in the Isoflavone Profile and in the Chemical Composition of Tempeh During Processing and Refrigeration. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 46: 1555-1561.
- Friedman M. (1996). Food browning and it's prevention: an overview. *J Agricult Chem* 44(3): 631-653.
- Hutching JB. (1999). *Food and Colour Apperance*. Maryland (US) Aspen Publ. Inc.
- Immah N. (2016). Model arrhenius untuk pendugaan laju respirasi brokoli terolah minimal. *JTEP* 4(1): 25-30.
- Lastriyanto A, Komar N, Pratiwi SP. (2016). Pendugaan umur simpan pada penyimpanan dingin tempe kedele (*Glycine max (L.) Merrill*) dengan kemasan vakum menggunakan model Arrhenius. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 4 No. 1, 75-86.
- Mathlouthi M. (2013). *Food Packaging and Preservation*. Salisbury (UK) Springer-Science + Business Media B.V.
- Moreno MRF, Leisner JJ, Tee LK, Key C, Radu S, De Vuyst L. (2002). Microbial analysis of Malaysian tempeh and characterization of two bacteriocins by isolates of enterococcus faecium. *J Appl Microbiol* 1(92): 147-157.
- Muslikhah S, Choirul A, Martina A. (2013). Penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer (modified atmosphere) untuk mempertahankan kualitas dan daya simpan. *Jurnal Teknol Sains Pangan* (2): 51-60.
- Nout MJR, Kiers JL. (2005). Tempe fermentation, innovation and functionality : update third millennium. *J Applied Microbiology* 98(4):789-805.
- Nugraha R. (2007). Pengembangan produk beku berbasis tempe dan sayur sebagai pangan fungsional [skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Pambudi A. (2013). Masa simpan tempe segar berbumbu dengan metode vakum dan suhu penyimpanan [skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Ronald HW, Robert RB, Gerrit E, Ruud AW. (2006). Lactid acid production from xylose by the fungus *Rhizopus oryzae*. *J Appl Microbiol Biotechnol* (72): 861-868.
- Samad MY. (2006). Pengaruh penanganan pascapanen terhadap mutu komoditas hortikultura. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 8(1): 31-36.
- Saputra S. (2006). Mempelajari pengaruh blansir, strerilisasi komersial, dan pengemasan terhadap umur simpan tempe [skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.