

Pendugaan Umur Simpan Bumbu Kuah Bakso Serbuk dengan Metode Akselerasi

Shelf Life Determination of Meat-ball Seasoning Powder Applying Accelerated Method

Feri Kusnandar¹, Astri Hermeinasari², Dede R Adawiyah¹

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
²Program Studi Magister Profesional Teknologi Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

Abstract. *The ready to eat meat-ball seasoning powder packaged in a metalized plastic experienced gradual quality deterioration due to moisture absorption or chemical reaction. The physical moisture absorption caused product agglomeration, while the chemical reaction caused color and sensory quality changes. The aim of this research was to estimate the shelf-life of meat-ball seasoning powder using two accelerated methods, i.e. a critical moisture model and Arrhenius model. Meat-ball seasoning powder had water activity value (a_w) of 0.474 and critical moisture content of 0.0369 g H₂O/g dry solid. It obeyed GAB moisture sorption isotherm curve model (type II). Based on a modified critical moisture model, the product had a shelf-life of 12.1 months at relative humidity of 75%. Based on Arrhenius model for colour parameter of product solution with quality limit value of 4.15, its shelf-life at the same storage temperature and relative humidity as that of the critical moisture model was 4.0 months. The result suggested that the product deterioration due to chemical reaction occurred more rapidly than that of moisture absorption.*

Keywords: *Meat-ball seasoning powder, accelerated shelf-life testing method, Arrhenius model, moisture sorption isotherm*

Abstrak. Bumbu kuah bakso serbuk siap saji yang dikemas dalam kemasan plastik metalik mengalami penurunan mutu secara berangsur-angsur yang diakibatkan oleh penyerapan air atau reaksi kimia. Perubahan mutu fisik yang disebabkan oleh penyerapan kadar air selama penyimpanan mengakibatkan penggumpalan produk, sedangkan reaksi kimia menyebabkan perubahan warna dan mutu sensori. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menduga umur simpan bumbu kuah bakso serbuk dengan menggunakan dua metode akselerasi, yaitu model kadar air kritis dan model Arrhenius. Bumbu kuah bakso serbuk memiliki nilai aktivitas air (a_w) sebesar 0.474, nilai kadar air kritis sebesar 0.0369 g H₂O/g padatan dan mengikuti kurva isotherm sorpsi air tipe II. Berdasarkan model kadar air kritis, produk memiliki umur simpan selama 12.1 bulan pada kelembaban relatif (RH) 75%. Berdasarkan model Arrhenius untuk parameter warna larutan secara sensori dengan skor mutu akhir sebesar 4.15, umur simpan produk pada kondisi suhu dan RH penyimpanan yang sama dengan model kadar air kritis adalah 4.0 bulan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kerusakan bumbu kuah bakso yang disebabkan oleh reaksi kimia lebih cepat terjadi dibandingkan kerusakan akibat penyerapan air.

Kata kunci: Bumbu kuah bakso serbuk, penentuan umur simpan metode akselerasi, model Arrhenius, isotherm sorpsi air

Aplikasi Praktis: Penelitian ini memberikan informasi mengenai produk bumbu yang berbasis rempah-rempah dalam bentuk serbuk yang mengalami penurunan mutu selama penyimpanan yang disebabkan oleh penyerapan kadar air dari lingkungan dan reaksi kimia. Hasil penelitian juga menginformasikan tentang tingkah laku penyerapan air dari produk yang mengandung kadar garam tinggi. Bagi produsen, informasi yang diperoleh berguna untuk mencantumkan masa kadaluwarsa produk pada label kemasan sebagaimana yang dipersyaratkan oleh peraturan pelabelan pangan.

PENDAHULUAN

Bakso merupakan makanan khas masyarakat Indonesia yang sudah sangat dikenal luas. Bakso umumnya dijual oleh pedagang bakso dan disajikan dengan kuah bakso yang merupakan kuah bening yang dibuat dari

rempah-rempah dan garam. Bakso umumnya dijual oleh pedagang untuk habis dalam waktu sehari. Mengingat potensi pasarnya yang besar, maka saat ini berkembang bakso beku dan bumbu kuah bakso serbuk yang banyak dijual di supermarket yang siap untuk disajikan di rumah tangga.

Bumbu kuah bakso serbuk siap saji merupakan salah satu produk pangan yang dikembangkan oleh industri pangan untuk menjawab peluang pasar terhadap kebutuhan masyarakat terhadap produk instan yang terus meningkat. Bahan yang digunakan dalam membuat bumbu kuah bakso serbuk yang dikembangkan sama dengan produk yang biasa diproduksi secara konvensional, yang terdiri dari bawang putih goreng, bawang putih, bawang merah, gula, garam, lada putih dan penyedap rasa. Bumbu kuah bakso serbuk ini selanjutnya diproses lebih lanjut di rumah tangga dengan penambahan air dan pemanasan, dan disajikan bersama-sama bakso.

Bumbu kuah bakso serbuk yang dikemas diharapkan memiliki umur simpan yang lebih lama. Sebagaimana umumnya produk pangan, bumbu kuah bakso serbuk dapat mengalami kerusakan mutu fisik atau kimia secara berangsur-angsur sehingga mencapai mutu yang sudah tidak layak untuk dikonsumsi. Produk pangan berbentuk serbuk umumnya rusak oleh penyerapan air dari lingkungan yang menyebabkan penggumpalan produk (Ghorab *et al.* 2014). Penggumpalan ditandai produk mulai basah dan mengalami *caking* (Hartmann dan Palzer 2011). Penggumpalan dapat menyebabkan perubahan kelarutan dan menyebabkan penurunan mutu sensori (Wahl *et al.* 2008).

Bahan-bahan yang digunakan dalam bumbu kuah bakso dapat mengalami reaksi kimia, baik dipicu oleh interaksi antar komponen bahan penyusun maupun oleh faktor lingkungan (seperti suhu, cahaya dan oksigen). Oleh karena itu, kerusakan bumbu kuah bakso juga dapat disebabkan oleh reaksi kimia, seperti reaksi oksidasi lemak dan reaksi Maillard. Oksidasi lemak merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap mutu serta umur simpan produk pangan olahan yang mengandung lemak dan akan berpengaruh pada pembentukan aroma ketengikan akibat oksidasi lemak (Cui *et al.* 2016). Reaksi Maillard juga dapat berlangsung selama penyimpanan untuk produk yang mengandung gula pereduksi dan peptida atau komponen yang memiliki gugus amina (Dattatreya *et al.* 2007). Kerusakan secara kasat mata yang disebabkan oleh reaksi Maillard adalah pembentukan warna kecoklatan selama produk disimpan.

Penurunan mutu produk pangan selama penyimpanan tidak dapat dihindari, baik akibat kerusakan fisik atau kimia sebagaimana dijelaskan di atas, sehingga produk pangan akan mencapai batas waktu kedaluwarsa. Oleh karena itu, produk pangan yang dikemas harus diberi keterangan batas kedaluwarsa pada label kemasan primer dan atau sekundernya. Hal tersebut diatur dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan dan Peraturan Pemerintah Nomor 69 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan. Keterangan batas waktu kedaluwarsa ini penting sebagai informasi kepada konsumen tentang batas kelayakan produk untuk dikonsumsi. Batas waktu kedaluwarsa ini spesifik untuk setiap produk pangan berdasarkan pada masa simpan produk yang ditentukan dengan percobaan.

Sebagai hasil pengembangan produk baru, bumbu kuah bakso serbuk belum diketahui secara pasti penyebab utama kerusakannya, apakah oleh reaksi kimia yang

dipicu oleh suhu penyimpanan atau kerusakan fisik akibat menyerap uap air dari lingkungan. Suhu penyimpanan akan memicu reaksi komponen kimia yang ada di dalam produk, seperti reaksi oksidasi lemak yang dapat menyebabkan produk menjadi tengik atau reaksi Maillard yang menyebabkan warna produk serbuk menjadi kecoklatan (Li *et al.* 2016). Selama penyimpanan, produk bumbu kuah bakso serbuk juga mungkin menyerap air yang menyebabkannya mengalami penggumpalan (Kelly *et al.* 2016).

Kerusakan fisik oleh penyerapan air dapat dimanipulasi dengan model penyerapan air pada kondisi kritis (saat produk mulai ditolak oleh konsumen) (Faridah *et al.* 2013), sedangkan kerusakan kimia dapat dimanipulasi dengan model Arrhenius (Kusnandar *et al.* 2010). Prinsip dari pendugaan umur simpan dengan metode kadar air kritis didasarkan pada akselerasi penyerapan air oleh produk pada kondisi kelembaban relatif (RH), hingga bahan berubah kandungan airnya hingga mencapai kadar air kritis (Carter dan Schmidt 2012). Umur simpan ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan oleh bahan untuk berubah kadar airnya dari kadar air awal hingga kadar air kritis (Labuza 1982). Lamanya umur simpan dipengaruhi oleh kadar air awal, kadar air kritis, permeabilitas uap air dari kemasan, luas kemasan yang kontak langsung dengan produk, kemiringan (*slope*) kurva isoterm sorpsi air (ISA), dan kadar air kesetimbangan (Yogendrarajah *et al.* 2015). Dalam beberapa hal, kurva isoterm sorpsi air dan kadar air kesetimbangan tidak dapat ditentukan, terutama untuk produk pangan dengan kadar gula atau kadar garam yang tinggi (Blahovec dan Yanniotis 2009). Oleh karena itu, Labuza (1982) mengembangkan pendekatan perubahan aktivitas air (a_w) sebagai dasar untuk menentukan umur simpan. Metode penentuan kadar air kritis telah digunakan dalam produk pangan yang mudah menyerap air, seperti biskuit (Kusnandar *et al.* 2010), maltodekstrin (Ghorab *et al.* 2014), tapioka, kasein dan gula sukrosa (Adawiyah dan Soekarto 2010), buah apel kering (Said *et al.* 2015), susu bubuk (Kelly *et al.* 2016), ekstrak biji chia (Gutierrez *et al.* 2015) dan bandrek instan (Faridah *et al.* 2013).

Pendekatan pendugaan umur simpan dengan metode Arrhenius didasarkan pada akselerasi kerusakan kimia pada beberapa suhu di atas suhu penyimpanan normal, kemudian ditentukan konstanta laju reaksinya (Corradini dan Peleg 2007). Perubahan parameter mutu produk diamati secara periodik sehingga dapat ditentukan konstanta laju reaksinya. Dengan menggunakan persamaan Arrhenius, konstanta laju reaksi pada suhu normal dapat ditentukan (Dattatreya *et al.* 2007). Waktu umur simpan ditentukan sebagai selisih dari nilai mutu awal dan mutu akhir dibagi dengan konstanta laju reaksinya (Hough *et al.* 2006). Metode Arrhenius ini telah digunakan untuk menentukan umur simpan pada produk sirup buah pala (Faridah *et al.* 2013), *sweet whey powder* (Dattatreya *et al.* 2007) dan buah zaitun matang (Garcia *et al.* 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan umur simpan bumbu kuah bakso serbuk yang dikemas dalam plastik metalik dengan memakai dua pendekatan, yaitu model kadar air kritis dan model Arrhenius.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam memproduksi bumbu kuah bakso serbuk adalah bawang merah, bawang putih, bawang putih goreng, merica, bahan pengisi dan penyedap rasa, gula halus dan garam. Beberapa garam digunakan untuk membuat larutan garam jenuh pada berbagai nilai Aw, yaitu NaOH (0.08), LiCl (0.11), MgCl₂ (0.32), K₂CO₃ (0.43), KNO₂ (0.47), NaBr (0.5603), NaNO₂ (0.64), KI (0.68), NaCl (0.75), KCl (0.84), KNO₃ (0.92) dan K₂SO₄ (0.97). Bahan lain yang digunakan adalah *silica gel*, vaselin, kemasan plastik metalik (OPP20+PET12+CPP30), akuades, serta bahan kimia yang digunakan untuk analisis kimia dan mikrobiologi.

Peralatan utama yang digunakan adalah peralatan untuk memproses bumbu kuah bakso (timbangan, *ribbon mixer*, ayakan dan *vertical filling packing*), dan peralatan analisis (desikator, oven, a_w-meter, inkubator, neraca analitik, *thermohigrometer*, *powder flowability*, dan peralatan gelas).

Penyiapan Bumbu Kuah Bakso Serbuk

Bumbu kuah bakso serbuk diproduksi di PT AGFI. Komposisi bahan yang digunakan dalam formula bumbu kuah bakso serbuk adalah bawang merah (4.96%), bawang putih (4.13%), bawang putih goreng (9.92%), merica (1.65%), bahan pengisi dan penyedap rasa (8.26%), gula halus (13.22%) dan garam (57.86%). Masing-masing bawang putih dan bawang merah serbuk disiapkan melalui tahapan pembersihan dan pematangan, penggorengan hingga warna kemerahan, penirisan, penggilingan dan pengayakan hingga diperoleh bawang goreng serbuk. Selanjutnya bawang putih dan bawang merah serbuk dicampur dengan bahan lainnya (merica serbuk, bahan pengisi dan penyedap rasa, gula halus dan garam). Setelah homogen, bumbu kuah bakso serbuk dimasukkan ke dalam kemasan *sachet*.

Karakteristisasi Mutu Awal Produk

Karakteristik mutu awal produk meliputi mutu fisik yang terdiri dari sudut *repose* (Flodex, *powder flowability*, Hanson research). Pengujian mutu kimia meliputi uji bilangan Thio Barbituric acid (TBA) secara spektrofotometri, nilai Aw, kadar protein (mikro Kjeldhal AOAC 1995 Chapter 12.1.07, AOAC 960.52), kadar air (SNI 01-2891 1992), kadar abu (SNI 01-2891 1992), kadar lemak (soxhlet SNI 01-2891 1992) dan kadar karbohidrat *by difference*. Pengujian mutu mikrobiologi meliputi *Aerobic Plate Count* (metode ISO 4883:2003), *Enterobacteriaceae* (metode ISO 21528-2:2004), *Staphylococcus aureus* (metode ISO 6888-2:1999) dan *Yeast and mould* (metode 21527-2:2008).

Sudut repose produk diukur dengan menggunakan *powder flowability* (Flodex 21-101-000). Metode pengujian berdasarkan Teunou *et al.* (1995). Sebanyak 100 g sampel dimasukkan pada permukaan bidang corong atas dari alat *powder flowability* dan dilewatkan pada corong hingga habis. Sampel dibiarkan turun ke bawah melalui corong. Lebar dan tinggi puncak pada tumpukan sampel

yang terbentuk diukur dengan menggunakan busur derajat, sehingga dapat ditentukan sudut repose bahan.

Penentuan Umur Simpan Metode Kadar Air Kritis

Pembuatan Kurva Isoterm Sorpsi Air. Penentuan kurva isoterm sorpsi air (ISA) diawali dengan pembuatan beberapa larutan garam jenuh untuk mengatur RH desikator. Sebanyak 5 g bumbu kuah bakso serbuk disimpan dalam cawan aluminium kering kosong yang telah diketahui beratnya (tanpa kemasan). Cawan yang berisi contoh tersebut dimasukan ke dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh yang membentuk RH lingkungan yang berbeda-beda (desikator ditutup rapat dengan vaselin). Desikator kemudian disimpan dalam inkubator 30°C. Contoh dalam cawan ditimbang bobotnya secara periodik setiap hari sampai diperoleh bobot yang konstan yang berarti kadar air kesetimbangan telah tercapai. Contoh yang telah mencapai berat konstan kemudian diukur kadar airnya dengan metode oven (SNI 01-2891:1992) dan dinyatakan dalam g H₂O/g padatan. Kadar air ini merupakan kadar air kesetimbangan (Me) pada RH tertentu. Kurva sorpsi isotermis dibuat dengan cara memplotkan Me dengan nilai RH kesetimbangan (ERH). Metode pengujian dilakukan dengan metode Bazardeh dan Esmaili (2014). Kurva ISA digunakan untuk menentukan konstanta kurva ISA (b) dan nilai Me pada RH penyimpanan yang diinginkan.

Kadar air awal. Pengukuran kadar air awal (Mo) dilakukan berdasarkan metode SNI 01-2891:1992 dengan menggunakan oven pada suhu 105-110°C. Kadar air dinyatakan dalam basis kering (g H₂O/g padatan).

Kadar Air Kritis. Penentuan kadar air kritis (Mc) dilakukan dengan cara menyimpan sampel produk bumbu kuah bakso serbuk pada suhu kamar (30°C) di ruangan terbuka tanpa kemasan (RH 75-80%). Selama periode penyimpanan tersebut dilakukan uji sensori (Setyaningsih *et al.* 2010) untuk menentukan saat produk mulai menggumpal (Teunou *et al.* 1995). Kadar air kritis (metode SNI 01-2891:1992) diperoleh pada saat sampel tidak diterima lagi oleh panelis. Pengujian sensori (derajat penggumpalan) dilakukan secara periodik setiap 1 jam oleh 10 orang panelis, yaitu dengan menggunakan skala skor 1 (sangat tidak menggumpal sekali) sampai 7 (sangat menggumpal sekali). Pengamatan dilakukan hingga panelis menyatakan produk ditolak, yaitu pada saat produk sedikit menggumpal (skor 3.0). Kadar air kritis selanjutnya dianalisis. Di samping pengukuran secara sensori, perubahan sudut repose juga diamati secara periodik hingga produk mulai menggumpal.

Pengukuran permeabilitas uap air kemasan. Penentuan permeabilitas uap air (k/x) dilakukan dengan menggunakan alat Permatran Mocon W*3/31 dengan mengikuti metode ASTM, F1249-01.

Berat awal dan luas kemasan. Berat produk awal (W_o) dalam satu kemasan ditimbang dan dikoreksi dengan kadar air awalnya (M_o) dan selanjutnya dinyatakan sebagai berat padatan per kemasan (W_s). Luas kemasan primer (A) yang digunakan dihitung dengan mengalikan panjang dengan lebar kemasan yang dinyatakan dalam m².

Nilai a_w . Nilai a_w diukur dengan menggunakan a_w -meter (Rotronic HygroLab C1). Sampel dimasukkan ke dalam wadah a_w -meter. Setelah dibiarkan beberapa saat, nilai a_w terbaca pada layar *display*.

Perhitungan umur simpan. Umur simpan (dalam hari) dihitung dengan persamaan (1) (Labuza 1982). Apabila kemiringan kurva ISA (b) dan kadar air kesetimbangan (Me) sulit ditentukan, maka persamaan (2) digunakan (Labuza 1982). Dalam hal ini, nilai ΔP adalah selisih antara tekanan udara lingkungan dimana produk disimpan (lingkungan) ($P_{out}=P_o \cdot RH$) dan tekanan udara di dalam kemasan ($P_{in}=P_o \cdot a_w$). Nilai P_o adalah tekanan uap air murni pada suhu penyimpanan yang diinginkan. Umur simpan ditentukan pada RH 75%, 80% dan 85% pada suhu 28°C.

$$t = \frac{\ln (Me-Mi)}{(Me-Mc)} \quad (1)$$

$$t = \frac{\frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_o}{b}}$$

$$t = \frac{(Mc-Mo)W_s}{\frac{k}{x} (A) (\Delta P)} \quad (2)$$

Penentuan Umur Simpan Metode Arrhenius

Penyimpanan dan analisis sampel selama penyimpanan. Sampel dalam kemasan primer disimpan dalam tiga inkubator yang diset suhunya pada 35, 45 dan 55°C. Sampel diamati setiap 7 hari selama 49 hari. Parameter mutu yang diamati adalah warna, bilangan TBA, dan organoleptik. Warna sampel diukur dengan Chromameter (Konica Minolta CR-400, Japan). Sampel bumbu kuah bakso serbuk diletakkan dalam cawan petri dan diukur nilai L^* (*lightness*), nilai a^* dan nilai b^* (Dattatreya *et al.* 2007).

Analisis bilangan TBA dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer (AOAC 2012). Sampel (10 g) didestilasi hingga diperoleh destilat sebanyak 50 mL. Selanjutnya sebanyak 5 mL destilat ditambahkan 5 mL pereaksi TBA dan dipanaskan selama 35 menit dalam air mendidih. Setelah didinginkan selama 10 menit, sampel diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 528 nm. Bilangan TBA (mg malonaldehid/kg sampel) dihitung dengan mengalikan nilai absorbansi dengan 7.8.

Perubahan mutu sensori bumbu kuah bakso serbuk dievaluasi dengan menggunakan uji skoring oleh 10 orang panelis terlatih. Sebelum pengujian sampel bumbu kuah bakso serbuk dilakukan, panelis melakukan *focus group discussion* (FGD) dan dilatih untuk mengidentifikasi mutu sensori sampel bumbu kuah bakso serbuk. Panelis juga diminta untuk mendeskripsikan atribut mutu dan skor untuk sampel bumbu kuah bakso serbuk yang meliputi mutu eksternal (warna bumbu dalam bentuk serbuk dan warna bumbu dalam bentuk larutan) dan mutu internal (derajat ketengikan, aroma bawang putih goreng, rasa bawang putih goreng dan rasa gurih larutan). Skala skor sensori yang digunakan adalah dari 1 hingga 7. Pelatihan dilakukan dua kali untuk produk yang sama oleh panelis

yang sama (dilakukan pada waktu yang berbeda). Untuk pengujian sampel bumbu kuah bakso serbuk, masing-masing sampel uji dari suhu inkubator penyimpanan 37, 45, 55°C dan kontrol diuji mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-49 dengan selang waktu pengujian setiap 7 hari oleh setiap panelis. Semua sampel disajikan pada saat yang sama untuk masing-masing suhu penyimpanan. Bumbu kuah bakso serbuk ditempatkan pada wadah khusus dengan diberi kode 3 digit acak dan disajikan seperti pada kondisi terkontrol yang sama (urutan penyajian sampel dilakukan secara acak). Jeda waktu diberikan antara pengujian terhadap satu sampel bumbu kuah bakso serbuk dengan sampel bumbu kuah bakso serbuk lainnya.

Penentuan nilai mutu akhir (Q_s) untuk atribut mutu kritis dari bumbu kuah bakso serbuk diperoleh dari rata-rata skor sensori ketika produk mulai ditolak oleh panelis (skor sensori ≤ 3.0). Nilai mutu akhir ditentukan dari hasil uji sensori sampel yang disimpan pada suhu tinggi (55°C). Nilai mutu akhir dari analisis objektif (warna L , a , b , dan bilangan TBA) ditentukan pada saat sampel ditolak secara sensori untuk atribut mutu yang bersesuaian (misalnya pada saat panelis mulai menolak mutu warna dari sampel, nilai L , a , dan b diukur dengan kromameter dan ditentukan sebagai nilai mutu akhir).

Penentuan konstanta laju reaksi dan kinetika reaksi perubahan mutu dan perhitungan umur simpan. Konstanta laju reaksi perubahan mutu (k) dari masing-masing parameter mutu kritis (ordo 0 atau 1) dilakukan dengan memplotkan nilai parameter mutu kritis terhadap waktu pengamatan pada masing-masing suhu penyimpanan. Selanjutnya konstanta laju reaksi pada suhu penyimpanan normal ditentukan secara ekstrapolasi dengan menggunakan persamaan Arrhenius (Garcia *et al.* 2008). Umur simpan (dalam hari) pada suhu 28°C pada RH 75% dihitung sebagai selisih nilai mutu awal (Q_0) dan mutu akhir (Q_s) dibagi dengan konstanta laju reaksi (k_T) (bila mengikuti ordo reaksi 0). Apabila model mengikuti model ordo reaksi 1, maka data mutu awal dan mutu akhir diubah dahulu dalam bentuk data logaritmik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Mutu Awal Produk

Hasil analisa mutu fisik dan kimia bumbu kuah bakso serbuk dapat dilihat pada Tabel 1. Bumbu kuah bakso serbuk yang baru diproduksi memiliki nilai sudut repose sebesar 40.44°. Sudut repose yang diperoleh merupakan nilai sudut menurun tercuram dari tumpukan bumbu kuah bakso serbuk relatif terhadap bidang horisontal bahan. Semakin rendah derajat sudut repose maka bumbu kuah bakso serbuk memiliki tumpukan yang lebih landai. Semakin bumbu kuah bakso serbuk mengalami penggumpalan maka nilai derajat sudut reposenya akan menurun.

Bumbu kuah bakso serbuk mengandung garam yang cukup tinggi (57.86%). Hal ini mengakibatkan kadar abu bumbu kuah bakso serbuk cukup tinggi (60.69%). Bumbu kuah bakso juga mengandung gula dan bahan pengisi tepung, sehingga kandungan karbohidratnya juga cukup tinggi (31.45%). Bumbu kuah bakso hanya mengandung sedikit lemak dan protein.

Tabel 1. Karakteristik mutu awal bumbu kuah bakso serbuk

Parameter mutu	Kandungan
Proksimat	
Kadar air (%wb)	1.27± 0.03
Kadar abu (%wb)	60.69 ± 0.39
Kadar lemak (%wb)	2.43 ±0.06
Kadar protein (%wb)	4.15 ± 0.00
Kadar karbohidrat <i>by difference</i> (%wb)	31.45 ± 0.00
Sudut repose (°)	40.44 ± 0.70
Aktivitas air (Aw)	0.474
Bilangan TBA (mg malonaldehida/kg)	1.72 ± 0.01

* Nilai rata-rata dan standar deviasi diperoleh dari triplo.

Jumlah total mikroba awal pada produk bumbu kuah bakso adalah sebesar 1.50×10^2 cfu/g, *Enterobacteriaceae* <10 cfu/g, *Staphylococcus aureus* <10 cfu/g dan total kapang dan khamir adalah 2.0×10^1 cfu/g. Hal ini menunjukkan bumbu kuah bakso serbuk memenuhi mutu mikrobiologi yang dipersyaratkan (BPOM 2009). Rendahnya kandungan mikroba bumbu kuah bakso terkait dengan rendahnya nilai a_w produk (0.474). Menurut Yogendra-rajah *et al.* (2015), nilai a_w bahan pangan mempengaruhi daya tahan pangan terhadap pertumbuhan mikroba.

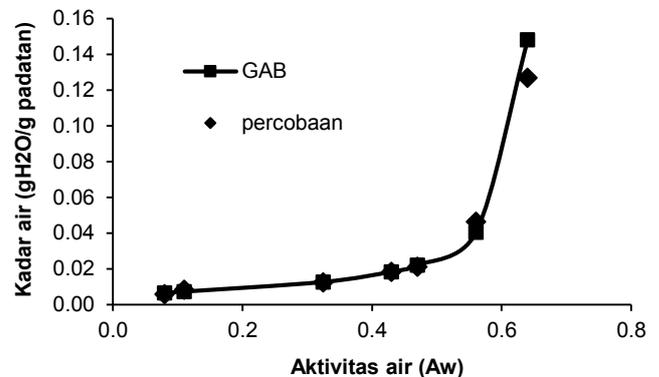
Bilangan TBA menunjukkan derajat ketengikan pada suatu bahan pangan karena bilangan TBA memberikan hasil pengujian yang spesifik terhadap hasil oksidasi asam lemak tidak jenuh pada suatu bahan pangan. Hasil pengujian awal terhadap bumbu bakso serbuk menunjukkan nilai bilangan TBA sebesar 1.72 mg malonaldehida/kg sampel. Dengan nilai bilangan TBA tersebut, produk belum mengalami derajat ketengikan yang berarti (Ganhao *et al.* 2011).

Kurva Isoterm Sorpsi Air

Tahap pertama dalam proses penentuan umur simpan adalah mengetahui pola kurva ISA produk. Kurva ISA menunjukkan hubungan antara kadar air kesetimbangan dan a_w bahan pangan pada suhu tertentu. Karena a_w berhubungan dengan ERH, maka kurva ISA juga dapat menunjukkan hubungan antara kadar air kesetimbangan dengan ERH (Blahovec dan Stavros 2009). Kurva ISA dari bumbu kuah bakso mendekati model Guggenheim-Anderson de Boer (GAB) pada rentang a_w hingga 0.65 (Gambar 1). Pada nilai a_w di atas 0.65, kadar air kesetimbangan sulit diperoleh. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar garam dalam bumbu kuah bakso serbuk. Pada a_w yang tinggi, produk mencair dan tidak mencapai kadar air kesetimbangan. Fenomena ini umum terjadi pada produk pangan yang mengandung kadar garam dan gula yang cukup tinggi (Fan dan Roos 2016). Pola kurva ISA yang mirip ditunjukkan oleh beberapa produk pangan mengandung garam atau gula tinggi, seperti kismis (Bazardeh dan Esmaili 2014), gula kristal dan *whey* protein (Fan dan Roos 2016), dan sirup kurma serbuk (Farahnaky *et al.* 2016).

Persamaan GAB dapat digunakan untuk memprediksi model matematis kurva ISA (Farahnaky *et al.* 2016). Bentuk kurva ISA bumbu kuah bakso berdasarkan model GAB tersebut tidak berbentuk sigmoid seperti kurva ISA bahan pangan lainnya karena produk bumbu kuah bakso serbuk memiliki kandungan garam yang tinggi dan mengandung gula kristal yang bersifat higroskopis sehingga menghasilkan kurva GAB yang berbentuk curam.

Kurva ISA yang berbentuk curam tersebut memiliki pola yang sama dengan kurva ISA pada bahan pangan yang berbentuk kristal (Mathlouthi 2001). Berdasarkan kriteria dari Blahovec dan Stavros (2009), kurva ISA bumbu kuah bakso serbuk memiliki karakteristik kurva ISA tipe 2.



Gambar 1. Kurva sorpsi isotermis bumbu kuah bakso serbuk berdasarkan model GAB

Pendugaan Umur Simpan dengan Metode Kadar Air Kritis

Berdasarkan persamaan (1), data-data yang diperlukan untuk menentukan umur simpan dengan model kadar air kritis mencakup kadar air awal (M_i), kadar air kritis (M_c), permeabilitas uap air (k/x), luasan kemasan (A), berat awal (W_s), kadar air kesetimbangan (M_e), dan kemiringan kurva ISA (b). Kurva ISA yang diperoleh sulit digunakan untuk menentukan nilai b dan M_e , sehingga persamaan (1) tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, penentuan umur simpan selanjutnya menggunakan model persamaan (2). Data-data yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Bumbu kuah bakso memiliki kadar air awal yang cukup rendah (0.0129 g H₂O/g padatan). Pada saat disimpan pada RH 75-80%, kadar air produk berangsur meningkat sehingga mencapai kadar air kritis (M_c), yaitu pada saat produk mulai mengalami penggumpalan dan ditolak oleh panelis. Respon penolakan pada saat tercapainya kadar air kritis oleh panelis terjadi pada saat produk mulai agak basah, mulai menggumpal, dan jika ditekan agak padat. Awal kerusakan juga diamati pada saat sampel mulai kehilangan sifat mengalir pada saat wadah sampel digoyang-goyangkan dan dengan pengukuran sudut repose.

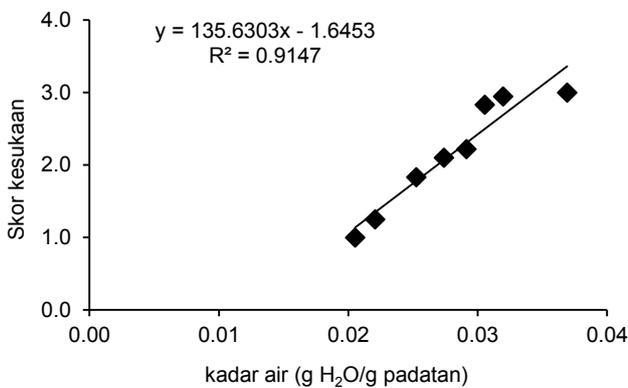
Tabel 2 menyajikan data perubahan kadar air, sudut repose dan skor kesukaan panelis selama periode pengamatan untuk bumbu kuah bakso serbuk. Kurva hubungan antara perubahan kadar air (g H₂O/g padatan) dengan rata-rata skor sensori dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan kurva hubungan antara kadar air (g H₂O/g padatan) dengan sudut repose dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil korelasi antara penilaian mutu sensori dengan kadar air, maka diperoleh kadar air kritis bumbu kuah bakso serbuk sebesar 0.0369 g H₂O/g padatan.

Kemasan yang digunakan untuk menyimpan bumbu kuah bakso serbuk yaitu kemasan plastik metalik dengan luas permukaan sebesar 0.0108 m² dan nilai permeabilitas uap air kemasan sebesar 0.0214 g/m²mmHg/hari yang

diukur pada suhu 37.8°C. Sampel yang digunakan memiliki berat kering per kemasan (Ws) 29.86 g. Berdasarkan pendekatan kadar air kritis termodifikasi (persamaan 2), maka umur simpan bumbu kuah bakso serbuk pada suhu 28°C adalah 12.1 bulan pada RH 75%, 10.2 bulan pada RH 80% dan 8.8 bulan pada RH 85%. Dibandingkan produk sejenis yang ditentukan dengan metode kadar air kritis, seperti biskuit (Kusnandar *et al.* 2010) dan bandrek instan (Faridah *et al.* 2013) umur simpan bumbu kuah bakso serbuk pada kondisi penyimpanan yang sama memiliki umur simpan yang lebih pendek. Hal ini karena bumbu kuah bakso serbuk memiliki kandungan garam yang tinggi sehingga memiliki sifat higroskopis yang menyebabkan produk mudah mencair. Hal ini dikonfirmasi dari pola kurva ISA dari bumbu kuah bakso serbuk yang mirip dengan material kristal dengan kurva GAB berbentuk curam (kurva ISA tipe 2). Pola kurva ISA ini biasanya ditunjukkan oleh produk pangan yang bersifat higroskopis (mengandung kadar gula atau garam yang tinggi).

Tabel 2. Perubahan kadar air, sudut repose dan skor kesukaan panelis selama periode pengamatan

Penyimpanan (jam)	Kadar air (g H ₂ O/g padatan)	Nilai sudut repose (°)	Skor kesukaan
0	0.0205	40.4417	1
1	0.0221	38.8676	1.3
2	0.0252	37.9415	1.8
3	0.0274	36.0985	2.1
4	0.0291	34.1593	2.2
5	0.0305	33.174	2.8
6	0.032	32.3974	2.9
7	0.0369	31.0358	3

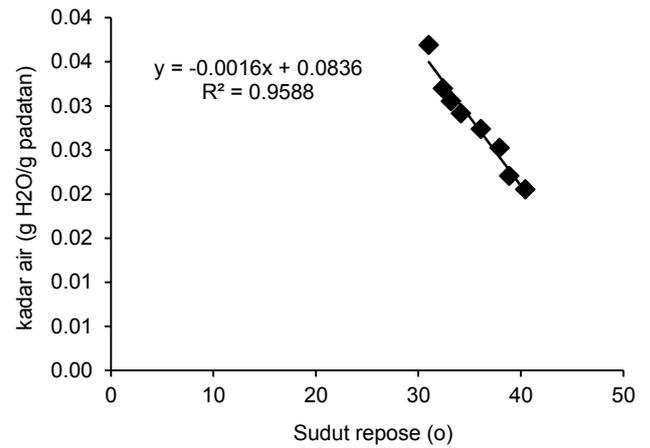


Gambar 2. Kurva hubungan kadar air dengan skor kesukaan bumbu kuah bakso serbuk

Pendugaan Umur Simpan dengan Metode Arrhenius

Bumbu kuah bakso, baik dalam bentuk serbuk maupun setelah dibuat dalam bentuk larutan mengalami perubahan mutu fisikokimia dan sensori selama penyimpanan dengan laju yang berbeda (Tabel 3). Dari parameter mutu yang diamati, penurunan mutu yang nyata terdeteksi oleh panelis, terutama setelah bumbu dibuat dalam bentuk larutan, yaitu untuk mutu warna, aroma bawang putih goreng, rasa bawang putih goreng, dan rasa gurih. Penurunan mutu yang nyata dari produk dalam bentuk serbuk hanya terlihat untuk parameter warna secara sensori. Secara umum, produk dalam bentuk larutan mengalami penyimpangan warna, penurunan intensitas rasa bawang

putih dan rasa gurih. Panelis juga mendeteksi perubahan warna pada saat bumbu masih dalam bentuk serbuk.



Gambar 3. Hubungan antara sudut repose dengan kadar air bumbu kuah bakso serbuk

Tabel 3. Penurunan mutu dan R2 dari masing-masing karakteristik atribut mutu

Basis	Atribut mutu	37°C		45°C		55°C	
		k	R ²	k	R ²	k	R ²
Serbuk	L	0.014	0.02	0.07	0.37	0.12	0.5
	a	0.004	0.1	0.029	0.69	0.03	0.5
	b	0.023	0.27	0.081	0.6	0.06	0.3
	Bilangan TBA	0.004	0.19	0.005	0.2	0.00	0.2
	Warna bumbu	0.026	0.93	0.052	0.98	0.07	1.0
Larutan	Derajat ketengikan	0.001	0.56	0.004	0.63	0.01	0.6
	Aroma bawang putih goreng	0.025	0.99	0.054	0.95	0.08	1.0
	Rasa bawang putih goreng	0.027	0.97	0.024	0.83	0.08	1.0
	Rasa gurih	0.015	0.91	0.024	0.73	0.05	1.0
	Warna	0.023	0.93	0.04	0.95	0.06	0.9

Perubahan warna dapat diakibatkan oleh terjadinya reaksi Maillard, yaitu dari interaksi komponen gula dengan protein. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kadar protein dalam bumbu kuah bakso rendah (4.15%), namun berkontribusi pada terjadinya reaksi Maillard. Berdasarkan hasil tersebut, maka parameter mutu secara sensori (warna serbuk/larutan, aroma dan rasa bawang putih goreng, dan rasa gurih larutan) dipilih sebagai parameter kritis untuk dianalisis lebih lanjut dalam penentuan umur simpan.

Walaupun panelis mendeteksi adanya perubahan warna serbuk, namun hasil analisis dengan kromameter menunjukkan perubahan parameter warna (L, a, b) yang tidak konsisten, sehingga nilai koefisien korelasinya rendah. Bilangan TBA dan derajat ketengikan secara sensori juga menunjukkan perubahan yang lambat selama penyimpanan dan memiliki nilai koefisien korelasi (R²) yang rendah (Tabel 3). Bilangan TBA dan derajat ketengikan berkorelasi dengan reaksi oksidasi lemak. Hasil analisis lemak dalam sampel bumbu kuah bakso serbuk menunjukkan kandungan yang cukup rendah (2.43%) yang tidak dominan dalam memicu reaksi oksidasi.

Berdasarkan hasil plot data parameter mutu kritis dengan waktu pada masing-masing suhu, ordo reaksi laju penurunan mutu belum dapat ditentukan karena baik model ordo 0 dan ordo 1 memiliki nilai R² yang cukup

tinggi (>0.90) pada semua suhu pengamatan. Nilai mutu awal (Q_0) dan nilai mutu akhir (Q_s) dari setiap atribut mutu kritis untuk menentukan batas perhitungan umur simpan dapat dilihat pada Tabel 4. Untuk dapat menentukan ordo laju reaksi, maka waktu pengamatan perlu diperpanjang. Untuk keperluan prediksi umur simpan, maka perhitungan berdasarkan ordo 0 dan 1 dilakukan (Tabel 5).

Tabel 4. Nilai mutu awal dan nilai mutu akhir setiap atribut mutu kritis

Parameter	Atribut mutu	Skor awal	Skor akhir
Serbuk	Warna bumbu	1	5.1
	Aroma bawang putih goreng	7	3.05
Larutan	Rasa bawang putih goreng	7	3.1
	Rasa gurih bumbu kuah bakso	4	1.6
	Warna	1	4.15

Tabel 5. Pendugaan umur simpan bumbu kuah bakso serbuk dengan menggunakan pendekatan model Arrhenius berdasarkan orde reaksi 0 dan 1

Parameter	Ordo reaksi 0			Ordo reaksi 1		
	Hari	Bulan	R^2	Hari	Bulan	R^2
Warna serbuk	248.9	8.3	0.94	113	3.8	0.91
Aroma bawang putih goreng	257.8	8.6	0.93	411	13.7	0.95
Rasa bawang putih goreng	319.2	10.6	0.71	499	16.6	0.73
Rasa gurih	326.6	10.9	0.98	542	18.1	0.99
Warna larutan	225.1	7.5	0.98	119	4	0.99

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan model ordo 0 memberikan umur simpan yang lebih pendek dibandingkan dengan ordo 1 untuk parameter aroma bawang putih goreng dalam bentuk serbuk, rasa bawang putih goreng dalam bentuk larutan, rasa gurih larutan bumbu kuah bakso serbuk. Sebaliknya untuk parameter warna serbuk bumbu kuah bakso serbuk dan warna larutan bumbu kuah bakso serbuk, penggunaan model ordo 0 memberikan umur simpan yang lebih panjang dibandingkan dengan ordo 1. Penentuan umur simpan dilakukan berdasarkan pemilihan data dengan nilai koefisien korelasi (R^2) tertinggi yaitu sebesar 0.99. Parameter warna larutan pada ordo 1 dan parameter rasa gurih pada ordo 1 keduanya memiliki nilai koefisien korelasi (R^2) yang tinggi yaitu sebesar 0.99. Dari perolehan data umur simpan, parameter warna larutan memberikan prediksi umur simpan yang paling pendek (119.24 hari atau 4.0 bulan) pada suhu penyimpanan 28°C dibandingkan dengan parameter rasa gurih dengan prediksi umur simpan selama 541 hari atau 18.05 bulan pada suhu penyimpanan 28°C . Bila pemilihan umur simpan berdasarkan kinetika perubahan yang paling cepat, yaitu parameter warna larutan dengan mengikuti ordo 1, maka umur simpan bumbu kuah bakso serbuk pada suhu penyimpanan 28°C dan RH 75% adalah 119.24 hari atau 4.0 bulan.

Bila dibandingkan dengan hasil pendugaan umur simpan dengan metode kadar air kritis pada kondisi yang sama, prediksi umur simpan dengan model Arrhenius (dengan parameter warna larutan) lebih pendek. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan akibat reaksi kimia (reaksi Maillard) yang terjadi pada bumbu kuah bakso serbuk pada kondisi penyimpanan yang sama lebih cepat

terjadi dibandingkan dengan kerusakan fisik akibat penyerapan air. Penggunaan kemasan plastik metalik (OPP20+PET12+CPP30) yang memiliki permeabilitas uap air yang rendah dapat memperlambat secara efektif masuknya uap air dari lingkungan, namun tidak dapat mencegah berlangsungnya reaksi kimia akibat interaksi komponen bahan di dalam produk, khususnya gula pereduksi dan protein. Sebagai akibatnya, kerusakan akibat reaksi kimia menjadi penyebab kerusakan produk yang lebih dominan dibandingkan kerusakan akibat penyerapan air.

KESIMPULAN

Bumbu kuah bakso serbuk memiliki pola kurva ISA yang mirip dengan material kristal dengan kurva GAB berbentuk curam (kurva ISA tipe 2). Dengan menggunakan model pendekatan kadar air kritis yang dimodifikasi, bumbu kuah bakso serbuk yang dikemas dengan kemasan plastik metalik (OPP20+PET12+CPP30) memiliki umur simpan selama 12.1 bulan pada kondisi kelembaban relatif 75% pada suhu 28°C . Pada kondisi penyimpanan yang sama, pendekatan model Arrhenius memberikan umur simpan bumbu kuah bakso serbuk selama 4.0 bulan berdasarkan parameter mutu sensori warna larutan. Hasil ini menunjukkan bahwa kerusakan bumbu kuah bakso serbuk yang disebabkan oleh reaksi kimia (terutama reaksi Maillard) lebih cepat terjadi dibandingkan kerusakan yang diakibatkan oleh penyerapan air. Umur simpan produk tersebut dapat diperpanjang lebih dari 4.0 bulan dengan cara menyimpan produk pada suhu yang lebih rendah, misalnya pada suhu refrigerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah DR, Soekarto ST. 2010. Pemodelan isoterms sorpsi air pada model pangan. *J Tek. & Ind. Pangan* 21 (1): 33-39.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 2012. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemistry. Maryland (US): AOAC International.
- Blahovec J, Yanniotis S. 2009. Modified classification of sorption isotherms. *J. Food Eng.* 91: 72-77.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1992. Standar Nasional Indonesia Nomor 01-2891-1992. Tentang Cara Uji Makanan dan Minuman. Jakarta (ID): BSN.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2009. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia No. HK.00.06.1.52.4011 tentang Batas Maksimum Cemar Mikroba dan Kimia dalam Makanan.
- Bazardeh ME, Esmaili M. 2014. Sorption isotherm and state diagram in evaluating storage stability for sultana raisins. *J. Stored Products Res.* 59: 140-145.
- Cui L, Cho HT, McClements DJ, Decker EA, Park Y. 2016. Effects of salts on oxidative stability of lipids in Tween-20 stabilized oil-in-water emulsions. *Food Chem* 197: 1130-1135.

- Carter BP, Schmidt SJ. 2012. Developments in glass transition determination in foods using moisture sorption isotherms. *Food Chem.* 132: 1693-1698.
- Corradini MG, Peleg M. 2007. Shelf life estimation from accelerated storage data. *J. Trends in Food Sci. & Tech.* 18:37-47.
- Dattatreya A, Etzel MR, Rankin SA. 2007. Kinetics of browning during accelerated storage of sweet whey powder and prediction of its shelf life. *Int. Dairy J.* 17: 177-182.
- Farahnaky A, Mansoori N, Majzoobi M, Badii F. 2016. Physicochemical and sorption isotherm properties of date syrup powder: antiplasticizing effect of maltodextrin. *J. Food and Bioproducts Proc.* 98:133-141.
- Fan F, Roos YH. 2016. Crystallization and structural relaxation times in structural strength analysis of amorphous sugar or whey protein systems. *J. Food Hydrocolloids* 60:85-97.
- Faridah DN, Yasni S, Suswantinah A, Aryani GW. 2013. Pendugaan umur simpan dengan metode accelerated shelf-life testing pada produk bandrek instan dan sirup buah pala (*Myristica fragrans*). *J. Ilmu Pertanian Indon.* 18(3):144-153.
- Garcia PG, Lopez AL, Fernandez AG. 2008. Study of the shelf-life of ripe olives using an accelerated test approach. *J. Food Eng.* 84: 569-575.
- Gutierrez SKV, Figueira AC, Huezco MER, Guerrero AR, Navas HC, Alonso CP. 2015. Sorption isotherms, thermodynamic properties and glass transition temperature of mucilage extracted from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *J. Carb. Polymers* 121:411-419.
- Ghorab MK, Marrs K, Taylor LS, Mauer LJ. 2014. Water-solid interactions between amorphous maltodextrins and crystalline sodium chloride. *Food Chem.* 144:26-35.
- Ganhao R, Estevez M, Morcuende D. 2011. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food Chem.* 126:772-778.
- Hartmann M, Palzer, S. 2011. Caking of amorphous powders-material aspects, modelling and applications. *J. Powder Tech.* 206(1):112-121.
- Hough G, Garitta L, Gomez G. 2006. Sensory shelf-life predictions by survival analysis accelerated storage models. *J. Food Qual. & Pref.* 17:468-473.
- [ISO] International Organization Standard. 2004. Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae. Geneva (CH): ISO.
- [ISO] International Organization Standard. 2003. Horizontal methods for the enumeration of micro-organisms-colony count technique at 30°C. Geneva (CH): ISO.
- [ISO] International Organization Standard. 1999. Horizontal methods for the enumeration of coagulase-positive *Staphylococci* on a solid medium. Geneva (CH): ISO.
- [ISO] International Organization Standard. 2008. Horizontal methods for the enumeration of yeasts and moulds part 2: colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95. Geneva (CH): ISO.
- Kelly GM, Mahony JAO, Kelly AL, Callaghan DJO. 2016. Water sorption and diffusion properties of spray-dried dairy powders containing intact and hydrolysed whey protein. *J. LWT – Food Sci. & Tech.* 68:119-126.
- Kusnandar F, Adawiyah DR, Fitria M. 2010. Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *J. Tekn. & Ind. Pangan* 21(2):117-122.
- Labuza TP. 1982. Shelf life dating of foods. Food and nutrition Press., Inc., Westport, Connecticut.
- Li M, Zhu KX, Sun QJ, Amza T, Guo XN, Zhou HM. 2016. Quality characteristics, structural changes, and storage stability of semi-dried noodles induced by moderate dehydration understanding the quality changes in semi-dried noodles. *Food Chem.* 194:797-804.
- Mathlouthi M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *J. Food Control* 12:409-417.
- Said LBH, Bellagha S, Allaf K. 2015. Measurements of texture, sorption isotherms and drying or rehydration kinetics of dehydrofrozen-textured apple. *J. Food Eng.* 165: 22-33.
- Setyaningsih D, Anton A, Maya PS. 2010. Analisis Sensori. Bogor (ID): IPB Press.
- Teunou E, Vasseur J, Krawczyk M. 1995. Measurement and interpretation of bulk solids angle of repose for industrial process design. *J. Powder Handling & Proc.* 7:1-9.
- Wahl M, Brockel U, Brendel L, Feise HJ, Weigl B, Rock M, Schwedes J. 2008. Understanding powder caking: predicting caking strength from individual particle contacts. *J. Powder Tech.* 188(2): 147-152.
- Yogendrarajah P, Samapundo S, Devlieghere F, Saeger SD, Meulenaer BD. 2015. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of whole black peppercorns (*Piper nigrum* L.). *J. LWT – Food Sci. & Tech.* 64:177-188.