

Pendugaan Umur Simpan Kentang Tumbuk Instan Berdasarkan Kurva Isotermi Sorpsi Air dan Stabilitasnya Selama Penyimpanan

Histifarina, D.

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung, Jawa Barat 40391
Naskah diterima tanggal 8 Oktober 2003 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 3 Februari 2004

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air kritis berdasarkan kurva sorpsi isotermi dan mengkaji stabilitas produk kentang tumbuk instan selama penyimpanan, serta menduga umur simpannya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pangan dan Pilot Plan Pusat Studi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor dari Februari – September 2002. Bahan yang digunakan adalah kentang varietas atlantik. Penelitian terdiri dari dua tahap, yaitu kadar air kesetimbangan dan pendugaan umur simpan kentang tumbuk instan. Penelitian tahap pertama adalah penentuan kadar air kesetimbangan kentang tumbuk instan secara absorpsi menggunakan 21 jenis larutan garam jenuh. Penelitian tahap kedua meliputi perlakuan kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40, PET 12/LLDPE 25, dan HDPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 memberikan umur simpan paling lama (209 hari) berdasarkan perubahan kadar air maupun nilai asam barbiturat, dengan nilai kadar air 10,43% bk dan nilai asam thiobarbiturat 1,072 mg/kg untuk sampel pada 8 minggu penyimpanan.

Kata kunci : Kentang; Instan pasta kentang; Kurva sorpsi isotermi; Stabilitas penyimpanan

ABSTRACT. Histifarina, D. 2004. Predicting the self life of mashed potato instant based on sorption isotherms curve and its stability during storage. The objective of this research was to know the critical moisture content based on sorption isotherms curve and to study of mashed potato instant stability during storage and its selflife prediction. The experiment was conducted at Laboratory Rekayasa Food Process and Pilot Plan PSPG IPB from February until September 2002. Atlantic variety was used on these experiment. The experiment consists of two steps i.e moisture content equilibrium of mashed potato instant and predicting the selflife of packaged mashed potato instant. The first stage was found out moisture equilibrium by absorption method using 21 kinds of salt saturated solution. The second experiment was comparing of three type of packages those were PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40, PET 12/LLDPE 25, and HDPE. The result showed that the package of PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 gives the longer selflife (209 days) based on change of moisture content and thiobarbiturat acid value with moisture content value was 10.435% db and thiobarbiturat acid value was 1.072 mg/kg sample during 8 weeks of storage.

Keywords : Potato; Potato mashed instant; Sorption isotherms curve; Storage stability

Kentang tumbuk instan merupakan salah satu produk olahan kentang yang tidak hanya bergizi tinggi, namun mempunyai sifat sensori yang baik serta mempunyai umur simpan yang lama. Wang *et al.* (1992) menyatakan bahwa kentang tumbuk adalah campuran air, mentega, garam, susu, dan *potato flake* yang dipanaskan, kemudian campuran tersebut diaduk serta dihaluskan selama 3 menit. Setelah itu dikukus dalam alat pengukus pada suhu 95 C selama 15 menit. Sedangkan Bunker & LaRue (2001) mendefinisikan bahwa kentang tumbuk instan sebagai produk olahan yang dapat diperoleh dengan merehidrasi produk kentang dalam bentuk kering, seperti *potato flake* dan *potato granule*. Produk kentang tumbuk instan termasuk produk kering dengan kadar air 6-8%. Oleh sebab itu, masalah yang perlu diperhatikan adalah stabilitas produk selama penyimpanan.

Stabilitas produk pangan berhubungan dengan mudah tidaknya produk pangan mengalami kerusakan akibat terjadinya perubahan kimia, fisik, dan mikrobiologi. Reaksi deteriorasi dimulai pada saat produk pangan mengalami kontak dengan oksigen, udara, uap air, cahaya, atau akibat perubahan suhu. Tingkat kemunduran mutu produk dipengaruhi oleh lamanya penyimpanan, sedangkan laju deteriorasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan penyimpanan (Arpah 2001).

Kerusakan yang dapat terjadi adalah reaksi oksidasi, baik selama proses pengolahan maupun penyimpanan. Hal ini ditandai oleh adanya perubahan warna, aroma, flavor, dan nilai gizi (Hadziyev & Steele 1979). Kerusakan lain adalah terjadinya ketengikan akibat proses autooksidasi asam linolenat dan linoleat selama proses penyimpanan serta kerusakan mikrobiologis.

Rockland & Nishi (1980) menjelaskan bahwa perubahan spesifik pada warna, aroma, flavor, stabilitas, dan penerimaan produk mentah maupun olahan sangat berhubungan dengan nilai a_w . Sapers *et al.* (1974) menyebutkan bahwa pengeringan dengan oven dapat menurunkan stabilitas produk kentang serpih (*potato flake*) sebagai akibat sensitivitas bahan pangan kering terhadap reaksi oksidasi pada a_w rendah dan kerusakan yang terjadi pada produk selama proses pengeringan. Selain itu penyimpangan tekstur kentang tumbuk adalah terbentuknya produk yang lengket atau menyerupai pasta pada saat rekonstitusi. Selanjutnya Sapers *et al.* (1972) dalam Sapers *et al.* (1974) melaporkan bahwa masa simpan produk kentang tumbuk instan hanya selama 6 bulan pada suhu ruang. Masa simpan tersebut terutama dibatasi oleh reaksi oksidasi lemak sebagai hasil perkembangan *off flavor* selama penyimpanan.

Umur simpan merupakan selang waktu antara bahan pangan mulai diproduksi hingga tidak dapat diterima lagi oleh konsumen akibat adanya penyimpangan mutu. Adanya perubahan kadar air selama penyimpanan akan mempengaruhi mutu makanan. Oleh sebab itu dengan mengetahui pola penyerapan air dan menetapkan nilai kadar air kritis, maka umur simpan dapat ditentukan. Penentuan umur simpan berdasarkan perubahan kadar air ditentukan melalui dua cara, yaitu dengan kurva sorpsi isotermi dan analisis regresi produk yang disimpan pada suhu kamar (RH 81 – 84%) selama beberapa minggu dengan selang pengamatan 1 minggu sekali. Penentuan umur simpan berdasarkan kurva isotermi sorpsi air (ISA) menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Labuza (1982), yaitu:

$$t_s = \frac{L_n \frac{M_e - M_i}{M_e - M_c}}{\frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_o}{B}} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

- t_s = umur simpan produk (hari)
- M_e = kadar air kesetimbangan (% bk)
- M_i = kadar air awal (% bk)
- M_c = kadar air kritis (% bk)
- W_s = berat bahan (g)
- P_o = tekanan uap air murni/jenuh pada ruang penyimpanan (mmHg)

k/x = permeabilitas kemasan (g H₂O/hari.m².mmHg)

A = luas permukaan kemasan (m²)

B = *slope* kurva sorpsi isotermi air (g H₂O/g bk)

Kurva ISA menggambarkan sifat-sifat hiratasi bahan pangan, yaitu kemampuan bahan pangan secara alami dapat menyerap air dari udara di sekelilingnya dan sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung di dalamnya ke udara. Menurut Labuza (1968), ISA menunjukkan hubungan antara kadar air bahan dengan RH kesetimbangan ruang tempat penyimpanan bahan, atau aktivitas air pada suhu tertentu.

Tujuan penelitian ini adalah (1) menghasilkan kurva ISA kentang tumbuk instan yang akan digunakan untuk analisis umur simpan dan untuk menentukan kadar air kritis dan (2) menduga umur simpan produk kentang tumbuk instan dalam kemasan berdasarkan perubahan kadar air dan ketengikan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pangan dan Pilot Plan, Pusat Studi Pangan dan Gizi (PSPG) Institut Pertanian Bogor, berlangsung dari bulan Februari sampai September 2002. Bahan utama yang digunakan adalah kentang tumbuk instan (diperoleh dengan cara dipanggang pada suhu 180°C, digiling, dan dikeringkan dengan alat *fluidized bed* pada suhu 50°C) dengan kadar air 8,49% bk dan setelah direhidrasi mempunyai kadar air 68,01% bb. Penelitian terdiri dari 2 tahap, yaitu (1) kadar air kesetimbangan, dan (2) penyimpanan produk kentang tumbuk instan dan pendugaan umur simpannya.

Penelitian tahap pertama bertujuan untuk mendapatkan kurva ISA kentang tumbuk instan yang akan digunakan untuk analisis umur simpan dan penentuan daerah kadar air kritis. Prosedur pengukuran ISA, yaitu sampel setelah ditimbang, dimasukkan ke dalam desikator berisi larutan garam jenuh pada RH antara 6,5–97% dengan suhu sekitar 27 C. Selanjutnya didiamkan selama 10–15 hari hingga diperoleh berat konstan (perubahan berat lebih kecil dari 0,005). Kemudian ditentukan kadar air

kesetimbangannya dengan metode oven dan dilakukan analisis fraksi air terikat.

Penelitian tahap kedua bertujuan untuk menduga umur simpan kentang tumbuk instan dengan menggunakan rumus Labuza (1982) dan model matematik secara regresi. Perlakuan yang dicoba adalah kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40, PET 12/LLDPE 25, dan HDPE. Pengamatan meliputi kadar air kritis dan analisis umur simpan berdasarkan kurva ISA, kadar air, dan kandungan asam thiobarbiturat selama penyimpanan. Kadar air kritis diperoleh dengan uji menyimpan produk kentang tumbuk instan pada RH 80,7 dan 84% dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh KCl, KBr, dan suhu ruang. Produk kentang tumbuk instan diamati secara visual hingga terjadi penggumpalan yang menandakan bahwa produk sudah mulai rusak, setelah itu diukur kadar airnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isoterme sorpsi air kentang tumbuk instan

Air merupakan komponen yang paling dominan di dalam bahan pangan. Selain itu, air akan mempengaruhi variabel-variabel dalam proses pengolahan, karakteristik produk, dan stabilitas atribut. Fenomena sorpsi air merupakan hal penting di dalam memahami prinsip dasar pengeringan. Salah satu karakteristik yang berperan adalah jumlah dan letak molekul air dalam matriks bahan pangan, yaitu air terikat dan air bebas (Minn & Magee 1997).

Penentuan kurva ISA dilakukan secara absorpsi pada produk kentang tumbuk instan. Selama proses absorpsi terjadi penyerapan uap air dari bahan yang kering hingga mencapai kesetimbangan. Data kadar air kesetimbangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari data kadar air kesetimbangan pada Tabel 1, kemudian dibuat kurva ISA. Pada Gambar 1 tampak bahwa kurva ISA kentang tumbuk instan yang dihasilkan mempunyai bentuk sigmoid, yaitu bentuk isoterme tipe II. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Mazza (1982); dan Minn & Magee (1997) yang menyatakan bahwa kurva ISA pada kentang atau bahan yang mengandung pati tinggi adalah berbentuk sigmoid (tipe II). Bentuk sigmoid ini disebabkan oleh adanya efek

kapilaritas dan adanya interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air.

Analisis fraksi air terikat

Analisis ISA dilakukan untuk mengetahui batasan-batasan air terikat primer, sekunder, dan tersier, seperti dikemukakan oleh Labuza (1968) dan Soekarto (1978). Dikemukakan bahwa kurva isoterme sorpsi dibagi menjadi tiga bagian, yaitu daerah air terikat primer (*monolayer*), daerah air terikat sekunder (*multilayer*), dan daerah air terikat tersier (menunjukkan air yang terkondensasi pada pori-pori bahan).

Penentuan kapasitas air terikat primer menggunakan persamaan Brunauer, Emmet & Teller (BET), yaitu :

$$a_w/(1-a_w)M = 1/MpC + [(C-1)/(MpC)]a_w$$

di mana

M = kadar air kesetimbangan

Mp = kapasitas air terikat primer

C = konstanta

a_w = aktivitas air

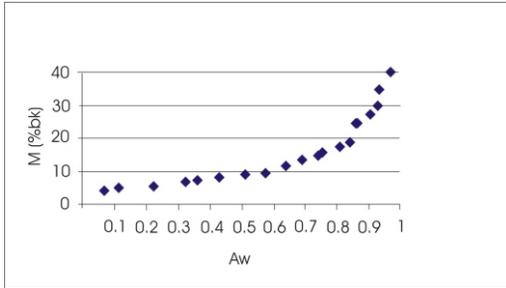
Persamaan di atas kemudian diubah menjadi model regresi $Y = a + bx$. Dari data kadar air kesetimbangan antara RH 6,5-64% dilakukan analisis regresi, sehingga diperoleh persamaan $Y = 0,2436x - 0,0023$ ($r^2 = 0,9902$) (Gambar 2).

Berdasarkan analisis regresi didapatkan parameter-parameter persamaan BET, sehingga kapasitas air terikat produk kentang instan dapat ditentukan (Tabel 2). Tampak bahwa kapasitas air terikat primer produk kentang tumbuk instan diperoleh sebesar 4,07% bk. Pada daerah ini menurut Aguilera & Stanley (1999), air terikat primer merupakan air yang terikat sangat kuat pada bagian polar dari molekul air oleh ikatan hidrogen. Air ini berada pada daerah *monolayer* dan pada umumnya pada kisaran a_w 0,2-0,4.

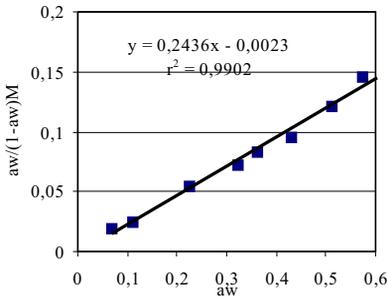
Daerah air terikat sekunder merupakan fraksi air yang terikat kurang kuat dibandingkan dengan air terikat primer dan berada pada daerah *multilayer* di atas daerah *monolayer*. Penentuan kapasitas air terikat sekunder dapat menggunakan model analisis logaritma yang dikemukakan Soekarto (1978), yaitu $\log(1-a_w) = b(M_s) + a$. Soekarto (1978) menjelaskan bahwa dengan memplot $\log(1-a_w)$ terhadap M_s akan dihasilkan garis patah yang terdiri dari dua garis

Tabel 1. Hubungan aktivitas air dengan kadar air kesetimbangan kentang tumbuk instan (*Relationship between water activity with water content equilibrium of mashed potato instant*)

Aw	0,07	0,1	0,2	0,3	0,4	0,57	0,64	0,69	0,71	0,76	0,81	0,84	0,86	0,90	0,97
Me	3,8	5,0	5,4	6,9	7,9	9,3	11,4	13,3	13,9	15,7	17,1	18,6	24,4	26,9	39,9



Gambar 1. Kurva isoterme sorpsi air produk kentang tumbuk instan (*Moisture sorption isotherms curve of mashed potato instant*)



Gambar 2. Plot BET kentang tumbuk instan (*BET plots of mashed potato instant*)

lurus. Garis lurus pertama mewakili air terikat sekunder dan garis lurus kedua mewakili air terikat tersier. Titik potong kedua garis itu adalah titik peralihan dari air terikat sekunder ke tersier dan dianggap sebagai batas atas atau kapasitas air terikat sekunder. Persamaan kedua garis lurus ini ditentukan menggunakan persamaan regresi linier. Berdasarkan rumus tersebut maka nilai kapasitas air terikat sekunder produk kentang tumbuk instan dapat ditentukan. Plot logaritma produk kentang tumbuk instan disajikan pada Gambar 3. Sedangkan hasil perhitungan kapasitas air terikat sekunder dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa air terikat sekunder yang dihasilkan sebesar 16,60% bk yang berarti bahwa batasan air terikat sekunder kentang tumbuk instan lebih tinggi dari kadar air kritis, yaitu 15,97% bk(Tabel 7). Hal ini menandakan bahwa kerusakan produk selama penyimpanan dapat terjadi setelah produk mencapai daerah *multilayer*. Adanya penambahan susu *fullcream* dapat mengakibatkan peningkatan kandungan karbohidrat dan protein, sehingga produk lebih mudah menyerap air.

Penentuan kapasitas air terikat tersier (M_t) dilakukan melalui tiga pendekatan yaitu ekstrapolasi, model polinomial ordo 2, dan kuadratik. Penggunaan tiga pendekatan ini dimaksudkan untuk mencari model pendekatan terbaik berdasarkan nilai koefisiennya. Makin tinggi nilai koefisien korelasinya, maka model yang digunakan makin akurat. Hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 4. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa berdasarkan nilai koefisien korelasi (r^2) yang diperoleh dari tiga cara, maka pendekatan polinomial ordo 2 mempunyai nilai r^2 tertinggi dan paling mendekati nilai M_t berdasarkan pendekatan ekstrapolasi. Oleh sebab itu nilai M_t yang dianggap paling sesuai adalah nilai M_t berdasarkan pendekatan polinomial ordo 2. Air terikat tersier didefinisikan sebagai air terendah yang menyebabkan a_w mulai turun dari 1. Air terikat ini terjadi karena adanya ikatan hidrogen dengan komponen mikromolekul dengan kekuatan yang lemah.

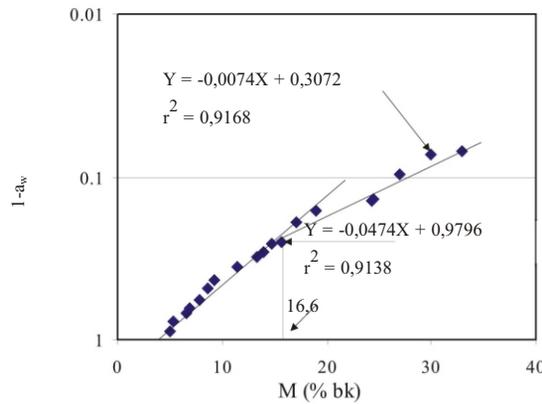
Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas air terikat, maka batasan-batasan daerah kurva ISA untuk produk kentang tumbuk instan dapat ditentukan (Tabel 5). Dengan mengetahui batasan-batasan fraksi air terikat tersebut, maka stabilitas bahan pangan selama penyimpanan dapat ditentukan. Menurut Rockland & Beuchat (1987), daerah terjadinya beberapa reaksi kimia seperti reaksi auto-oksidasi, reaksi pencoklatan, pertumbuhan jamur, kapang, dan bakteri dapat ditentukan berdasarkan ketiga daerah kurva ISA.

Tabel 2. Perhitungan kapasitas air terikat primer produk kentang tumbuk instan (*Calculation of primary bound water capacity of mashed potato instant*)

Parameter (Parameters)					
A	b	r ²	C	M _p	a _p
0,0023	0,2435	0,9903	106,8696	4,07	0,22

Tabel 3. Hasil perhitungan kapasitas air terikat sekunder produk kentang tumbuk instan (*The result of secondary bound water capacity of mashed potato instant*)

Parameter (Parameters)							
a ₁	b ₁	r ² ₁	a ₂	b ₂	r ² ₂	M _s	a _s
0,9796	-0,0479	0,9138	0,3072	-0,0074	0,9168	16,60	0,82



Gambar 3. Plot logaritma kentang tumbuk instan (*Logaritmik plots of mashed potato instant*)

Berdasarkan data pada Tabel 5, maka penyimpanan produk kentang tumbuk instan dalam bentuk basah atau dalam bentuk setelah direhidrasi tidak akan bertahan lama. Hal ini disebabkan kadar air kentang tumbuk basah (66,34% bb) dan kadar air kentang tumbuk instan setelah direhidrasi (68,01% bb) berada pada daerah di luar kurva ISA, sehingga dapat dikatakan termasuk golongan air bebas. Oleh sebab itu, pertumbuhan mikroorganisme, seperti jamur, bakteri, dan kapang dapat terjadi dengan cepat, dan akibatnya produk akan lebih mudah rusak.

Analisis umur simpan berdasarkan perubahan kadar air

Parameter-parameter yang harus ditentukan dalam perhitungan umur simpan dengan rumus Labuza (1982) adalah kadar air kritis, *slope* kurva ISA, permeabilitas kemasan, dan kadar air kesetimbangan.

Slope kurva ISA ditentukan menggunakan model polinomial ordo 6, yang kemudian model tersebut diubah menjadi model diferensial. Dari persamaan $Y = 408,97x^6 - 775,62x^5 + 459,86x^4 + 0,291x^3 - 77,671x^2 + 29,579x + 2,2859$ ($R^2 = 0,9914$) $\rightarrow Y = 6(408,97)x^5 - 5(775,62)x^4 + 4(459,86)x^3 + 3(0,291)x^2 - 2(77,671)x + 29,579$, sehingga diperoleh nilai *slopenya* sebesar $63,26 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{gbk} = 0,6326 \text{ gH}_2\text{O}/\text{gbk}$.

Permeabilitas kemasan dapat dihitung dengan cara membagi nilai MVTR dengan *driving force* ($P_{\text{out}} - P_{\text{in}}$). Permeabilitas kemasan adalah laju transmisi uap air melalui suatu unit luasan dari material yang permukaannya rata dan datar, sebagai akibat perbedaan tekanan uap air pada kedua sisi permukaannya. Pada penelitian ini nilai MVTR sudah diketahui, sehingga hasil perhitungan untuk ketiga jenis kemasan dapat dilihat pada Tabel 6.

Parameter-parameter hasil pengukuran untuk pendugaan umur simpan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 4. Perhitungan kapasitas air terikat tersier produk kentang tumbuk instan (*Calculation of tertiary bound water capacity of mashed potato instant*)

Pendekatan (Approachment)	Parameter (Parameters)	Kentang tumbuk instan (Mashed potato instant)
Polinomial ordo 2	a	385,21
	b	-551,71
	c	212,13
	r ²	0,9466
	Mt	45,63
Ekstrapolasi (Extrapolation)	Mt	46,80
	a	-30,091
Kuadratik (Quadratic)	b	71,465
	r ²	0,8943
	Mt	41,370

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa umur simpan produk kentang tumbuk instan adalah 14,200 hari untuk kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40; 98 hari untuk kemasan PET 12/LLDPE 25, dan 80 hari untuk kemasan HDPE. Perbedaan umur simpan antarkemasan yang diperoleh disebabkan oleh perbedaan karakteristik sifat kemasan yang digunakan, yaitu jenis kemasan aluvo mempunyai sifat *barrier* terhadap uap air lebih baik dibandingkan dua jenis kemasan lainnya. Hal ini terlihat pada nilai permeabilitas kemasan yang lebih kecil, yakni 0,02g/m².mmHg.hr (Tabel 6).

Analisis umur simpan berdasarkan perubahan kadar air dengan model matematika

dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa persamaan regresi untuk pendugaan umur simpan kentang tumbuk instan dalam kemasan HDPE adalah $Y = 0,7254x + 8,6081$; untuk kemasan PET 12/LLDPE 25 adalah $Y = 0,748x + 8,22$ dan untuk kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 adalah $Y = 0,2535x + 8,392$. Dengan memasukkan nilai kadar air kritis, maka berdasarkan persamaan regresi yang diperoleh pada Gambar 4, umur simpan kentang tumbuk instan dapat diduga untuk masing-masing kemasan. Pada kadar air kritis 15,97 % (bk), produk kentang tumbuk instan dalam kemasan HDPE mempunyai umur simpan sebesar 10 minggu (70 hari); kemasan PET 12/LLDPE 25 sebesar 10,4 minggu (73 hari), dan kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 sebesar 30 minggu (209 hari). Bila dibandingkan dengan penentuan umur simpan berdasarkan kurva ISA hasilnya sangat berbeda, namun pada dasarnya kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 memiliki umur simpan lebih lama dibandingkan kedua jenis kemasan lainnya. Perbedaan yang terjadi dapat diakibatkan oleh adanya kebocoran kemasan (dalam hal ini *seal*nya kurang rapat), sehingga mempercepat peningkatan kadar air.

Berdasarkan hasil perhitungan umur simpan dengan model sorpsi isotermi maupun model matematika, maka kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 merupakan jenis kemasan terbaik untuk menyimpan produk kentang tumbuk instan.

Tabel 5. Fraksi air terikat pada produk kentang tumbuk instan (*Fraction of bound water on mashed potato instant*)

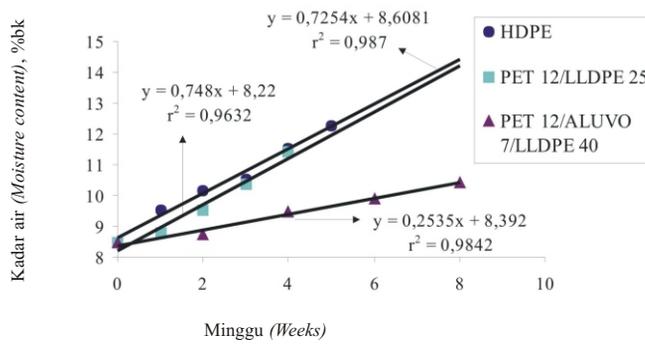
Mp	Ms	Mt	ap	as
4,07	16,60	45,63	0,22	0,82

Tabel 6. Permeabilitas jenis kemasan (*Permeability value of package type*)

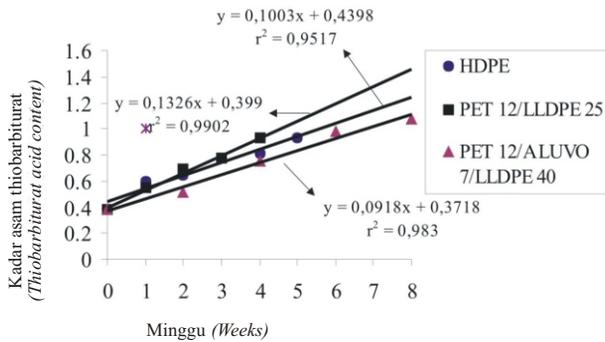
Komponen (Component)	Jenis kemasan (Kind of packages)		
	PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40	PET 12/LLDPE 25	HDPE
MVTR (g/m ² /hr)	0,1	14,7	15,3
P _{out} (T=27,4°C)	27,374	27,374	27,374
a _w (RH 81-84%)	0,825	0,825	0,825
P _{in} = a _w .P _{out}	22,58	22,58	22,58
P _{out} - P _{in}	4,79	4,79	4,79
Permeabilitas kemasan (Package permeability), g/m ² mmHg.hr	0,02	3,07	3,19

Tabel 7. Parameter pengukuran pendugaan umur simpan berdasarkan rumus Labuza (1982) (*Parameters of shelf life measurement prediction based on Labuza(1982)*)

Parameter (Parameters)	Jenis kemasan (Kind of package)		
	PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40	PET 12/LLDPE 25	HDPE
M_e (%bk)	17,87	17,87	17,87
M_i (%bk)	8,49	8,49	8,49
M_c (%bk)	15,97	15,97	15,97
k/x (g/m ² .mmHg.hr)	0,02	3,07	3,19
E_s (g)	90,0	90,0	90,0
A (m ²)	0,0117	0,01105	0,013
P_o (mmHg)	27,374	27,374	27,374
B (g.H ₂ O/g.bk)	0,633	0,633	0,633
t_s (hari)	14,200	98,0	80,0
$t_{percobaan}$ (hari)	209,0	73,0	70,0



Gambar 4. Plot perubahan kadar air selama penyimpanan (*Plots of moisture content changes during storage*)



Gambar 5. Plot perubahan kadar asam thiobarbiturat selama penyimpanan (*Plots of TBA content changes during storage*)

Analisis umur simpan berdasarkan ketengikan

Parameter kritis untuk menentukan umur simpan produk kentang tumbuk instan berdasarkan ketengikan adalah meningkatnya kandungan nilai asam barbiturat. Uji asam thiobarbiturat didasarkan atas terbentuknya

pigmen warna merah sebagai hasil dari reaksi kondensasi antara dua molekul asam thiobarbiturat dengan satu molekul malonaldehid. Hasil pengukuran nilai asam thiobarbiturat kentang tumbuk instan selama penyimpanan ($T = 27,4$ C; $RH = 81-84\%$) disajikan pada Gambar 5.

Peningkatan kandungan asam thiobarbiturat paling tajam diperoleh produk kentang tumbuk instan yang dikemas dalam kemasan PET 12/LLDPE 25, sedangkan paling rendah pada kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40. Model persamaan regresinya adalah $Y = 0,1326x + 0,399$ untuk kemasan PET 12/LLDPE 25; $Y = 0,1003x + 0,4398$ untuk kemasan HDPE, dan $Y = 0,0918x + 0,3718$ untuk kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40. Hal ini menandakan bahwa kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 merupakan kemasan terbaik dengan nilai asam thiobarbiturat pada umur simpan 8 minggu terendah (1,0712 mg/kg sampel), sedangkan kemasan HDPE dan PET 12/LLDPE 25 pada umur simpan 8 minggu berturut-turut adalah 1,2422 dan 1,4598 mg/kg sampel. Kemasan PET 12/Aluvo 7/LLDPE 40 selain mempunyai sifat *barrier* uap air yang baik, juga mempunyai sifat *barrier* oksigen lebih baik dibandingkan dua jenis kemasan lainnya.

KESIMPULAN

1. Analisis fraksi air terikat kentang tumbuk instan menunjukkan bahwa fraksi air terikat primer, fraksi air terikat sekunder, dan fraksi air terikat tersier yang diperoleh berturut-turut adalah 4,07; 16,60; dan 45,63% bk. Kentang tumbuk instan sebaiknya disimpan di daerah *multilayer* dengan nilai kadar air masih di bawah 15,97% bk (kadar air kritis).
2. Umur simpan kentang tumbuk instan dalam kemasan PET12/Aluvo 7/LLDPE 40 lebih lama, yaitu 14,200 hari dibandingkan dengan kemasan PET 12/LLDPE 25 (98 hari) dan HDPE (80 hari) berdasarkan pengamatan perubahan kadar air secara isotermi sorpsi. Berdasarkan model matematika dan nilai kadar air kritis, maka umur simpan kentang tumbuk instan pada kemasan PET12/Aluvo 7/LLDPE 40 adalah 209 hari, kemasan PET 12/LLDPE 25 adalah 73 hari dan HDPE adalah 70 hari.
3. Nilai kandungan asam thiobarbiturat kentang tumbuk instan pada 8 minggu penyimpanan untuk kemasan PET12/Aluvo 7/LLDPE 40 adalah 1,0712 mg/kg sampel dan nilai kadar air 10,43%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Soewarno T. Soekarto, MSc dan Bapak Dr. Sjaifullah, MSc. APU yang telah membantu penulis dalam penyelesaian penelitian ini.

PUSTAKA

1. Aguilera, J.M. and D.W. Stanley. 1999. *Microstructural principles food processing and engineering*. Second ed. An Aspen Publ. Inc. Gaithersburg, Maryland.
2. Arpah, 2001. *Buku dan monograf penentuan kadaluarsa produk pangan*. Program Studi Ilmu Pangan. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
3. Bunker and LaRue, 2001. *Waterless process and system for making dehydrated potato products*. US Patent. No. US6197358.
4. Hadziyev, D., and L. Steele. 1979. Dehydrated *mashed potatoes*-chemical and biochemical aspects. *Advances in Food Res.*25:55-136.
5. Labuza, T.P. 1968. Sorption phenomena in foods. *Food Technol.* (Chicago).22:263-272
6. _____. 1982. *Shelflife dating of foods*. Food and nutrition. Press. Inc. Westport, Conn.
7. Mazza, G. 1982. Moisture sorption isotherms of potato slices. *J.Food. Technol.*17:47-54.
8. Minn, W.A.M. and T.R.A. Magee. 1997. Moisture sorption characteristics of starch materials. *Drying Technol.* 15(5):1527-1551.
9. Rockland, L.B. and S.K. Nishi. 1980. Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Technol.*:44-51.
10. _____ and L.R. Beuchat. 1987. *Water activity, theory and application to food*. Marcel Dekker.Inc.New York and Besel.
11. Sapers, G.M., O. Panasiuk and F.B. Talley. 1974. Flavor quality and stability of potato flakes: Effects of drying conditions, moisture content and packaging. *J.Food Sci.* 39:555-558.
12. Soekarto, S.T. 1978. Pengukuran air ikatan dan peranannya pada pengawetan pangan. *Bul. Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia*.3(3/4):4-18.
13. Wang, X.Y., M.G. Kozempel, K.B. Hicks and P.A. Seib. 1992. Vitamin C stability during preparation and storage of Potato Flakes and reconstituted mashed potatoes. *J. Food Sci.*57(5):1136-1139.