

PENDUGAAN UMUR SIMPAN PASTA TOMAT KENTAL DALAM KEMASAN BOTOL PLASTIK DENGAN METODE AKSELERASI

Ermi Sukasih, Sunarmani dan Agus Budiyanto

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar 12 A Bogor

Email : bb_pascapanen@litbangdeptan.go.id, bb_pascapanen@cbn.net.id

Pasta tomat kental merupakan salah satu bentuk olahan konsentrat buah tomat dengan total padatan terlarut tinggi sehingga bersifat kurang voluminous dan memudahkan transportasi serta distribusinya. Untuk menjamin bahwa pasta tomat belum mengalami kerusakan sampai di tangan konsumen, maka diperlukan informasi tentang masa simpan. Salah satu cara untuk menduga umur simpan secara cepat adalah dengan metode *Accelerated Storage Studies (ASS)* melalui pendekatan metode Arrhenius. Ada empat produk pasta tomat yang diduga umur simpannya yaitu K (kontrol: pasta tomat tanpa bahan tambahan), P (pasta tomat ditambah pengawet), PP (pasta tomat ditambah pengawet dan pewarna), PPG (pasta tomat ditambah pengawet, pewarna dan gula). Pasta tomat disimpan dalam tiga suhu yakni suhu 40°C, suhu kamar (28°C) dan ruangan berpendingin udara (20°C). Penelitian diulang sebanyak tiga kali. Analisis dilakukan terhadap parameter mutu kritis yaitu tingkat kecerahan warna dan penerimaan. Analisis dilakukan setiap dua minggu selama delapan minggu penyimpanan. Pasta tomat dengan parameter kritis tingkat kecerahan warna, kontrol mempunyai dugaan umur simpan yang paling lama yaitu pada penyimpanan suhu 7°C, 15°C, 25°C dan 30°C masing-masing mempunyai dugaan umur simpan sebesar 97,93 ; 91,90; 85,29 dan 82,32 hari. Sementara berdasarkan parameter kritis penerimaan konsumen, PPG (pasta tomat dengan penambahan pengawet, pewarna dan gula) mempunyai dugaan umur simpan paling lama, pada penyimpanan suhu 7°C, 15°C, 25°C dan 30°C masing-masing mempunyai dugaan umur simpan sebesar 87,72 ; 54,41; 31,05 dan 23,78 hari.

Kata kunci: pendugaan, umur simpan, pasta tomat, akselerasi

ABSTRACT. Ermi Sukasih, Sunarmani and Agus Budiyanto. 2007. **Shelf life prediction of heavy tomato paste in plastic bottle using accelerated storage method.** Heavy tomato paste is a concentrated product having high total soluble solid (TSS) so that it is less voluminous easy for transportation and distribution. Information on product shelf life is required to ensure that product is received by consumers in excellent condition. An accelerated storage studies (ASS) with Arrhenius model was developed to predict the product shelf life. Four different types of product were employed in this study, *i.e.* tomato paste without preservatives and colourants (K), tomato paste with preservatives (P), tomato paste with preservatives and colourants (PP), and tomato paste with preservatives, colourant and sugar (PPG). The products were kept at 40°C, 28°C and 20°C, and the experiments were done in triplicates. Parameters observed were colour lightness and consumers acceptance. The product were analysed every two weeks for eight weeks of storage. In term of colour lightness, K had the longest predicted shelf life at 7°C, 15°C, 25°C and 30°C with the shelf lives 97.93 ; 91.90; 85.29 and 82.32 days, respectively. PPG had the longest predicted shelf life in terms of consumers acceptance at 7°C, 15°C, 25°C, 30°C with the shelf lives 87.72 ; 54.41, 31.05 and 23.78 days, respectively. These results were confirmed with results of normal storage experiments.

Keywords: prediction, shelf life, tomato paste, accelerated

PENDAHULUAN

Tomat mengandung nutrisi penting seperti karotenoid yaitu likopen, asam askorbat, senyawa flavonoid serta antioksidan (Diplock *et al.*, 1998). Pengolahan tomat menjadi pasta merupakan salah satu pilihan untuk dapat mengkonsumsi tomat dan memperoleh manfaatnya. Pasta tomat adalah bubur tomat yang telah dipekatkan. Berdasarkan total padatan terlarut, pasta tomat dikelompokkan menjadi tiga yaitu pasta *low*, *medium* dan kental/ *heavy*. Pasta tomat encer (*low*) mempunyai total padatan terlarut (TPT) berkisar antara 8-10° Brix, pasta sedang (*medium*) sebesar 12-14° Brix dan pasta tomat

kental (*heavy*) mempunyai TPT sekitar 25-40° Brix. Salah satu keuntungan pasta tomat kental adalah dapat mengurangi volume sehingga lebih mudah dalam pendistribusian (Unadi *et al.*, 2005).

Pasta merupakan produk setengah jadi yang berguna sebagai bahan campuran produk pangan yang memerlukan flavor buah tomat khususnya untuk pembuatan saus. Industri pengolahan saus di Indonesia pada umumnya menggunakan pasta tomat impor sebagai bahan baku pembuatan saus tomat. Untuk menjamin bahwa pasta tomat masih layak untuk dikonsumsi dan belum mengalami kerusakan diperlukan informasi tentang masa simpan. Studi masa simpan sangat penting terutama

untuk produk pangan baru sebagai suatu hasil kegiatan penelitian dan pengembangan (Hariyadi, 2004).

Masa simpan makanan adalah periode waktu bagi sebuah produk yang secara sensorik dan nutrisi masih bisa diterima dan aman untuk dikonsumsi (Ahrne *et al.*, 1996 dalam Fibriany, 2000). Menurut Institute of Food Technology (1974) dalam Koswara dan Kusnandar (2004), umur simpan produk pangan adalah selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi dimana produk berada dalam kondisi memuaskan pada sifat-sifat penampakan, rasa, aroma, tekstur dan nilai gizi.

Penentuan umur simpan produk pangan dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS). ESS disebut juga metode konvensional adalah penentuan tanggal kadaluwarsa dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal kemudian diamati perubahan mutu hingga diketahui umur simpannya. Metode ini memerlukan waktu yang sangat lama dan parameter pengamatan yang banyak. Metode ASS adalah penentuan umur simpan dengan cara mempercepat perubahan mutu pada parameter kritisnya. Metode ini menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat (*accelerate*) terjadinya reaksi-reaksi penurunan mutu produk pangan.

Model pendugaan masa simpan suatu produk dapat dilakukan dengan berbagai cara di antaranya dengan menggunakan kinetika seperti model Labuza, model waktu paruh dan model Arrhenius (Maria dan Peleg, 2007). Dalam reaksi kinetika digunakan persamaan matematis yang merupakan fungsi dari suhu dan merupakan hasil suatu integral (Zanoni *et al.*, 2001). Metode akselerasi menerapkan studi kinetika reaksi dengan menggunakan bantuan persamaan Arrhenius. Produk pangan disimpan pada kondisi suhu yang ekstrim, sehingga parameter kritisnya mengalami penurunan mutu akibat pengaruh panas. Dengan metode ini suatu percobaan penyimpanan dengan menggunakan tiga suhu mampu memprediksi umur simpan pada berbagai suhu penyimpanan yang diinginkan (Hough *et al.*, 2006; Dattatreya *et al.*, 2007). Untuk memperbaiki kualitas pasta tomat, salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menambahkan bahan tambahan seperti pengawet, pewarna dan gula. Belum banyak dilakukan penelitian tentang umur simpan pasta tomat baik yang natural maupun yang telah ditambahkan bahan campuran

Penelitian ini bertujuan untuk menduga umur simpan beberapa produk pasta tomat *heavy* pada berbagai suhu penyimpanan melalui pendekatan kinetika perubahan mutu terhadap dua parameter kritis pasta tomat. Metode ini diharapkan dapat diterapkan secara luas untuk menduga secara cepat umur simpan suatu produk baik pada industri kecil menengah maupun besar.

BAHENDAN METODE

A. Bahan

Penelitian pasta tomat dilakukan di bangsal pengolahan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Bogor pada bulan April sampai September 2006. Bahan yang digunakan adalah buah tomat yang diperoleh dari Sub Terminal Agribisnis (STA) Garut, diperam selama 2 hari agar kulit buahnya berwarna merah.

B. Metode

1. Pembuatan Pasta Tomat

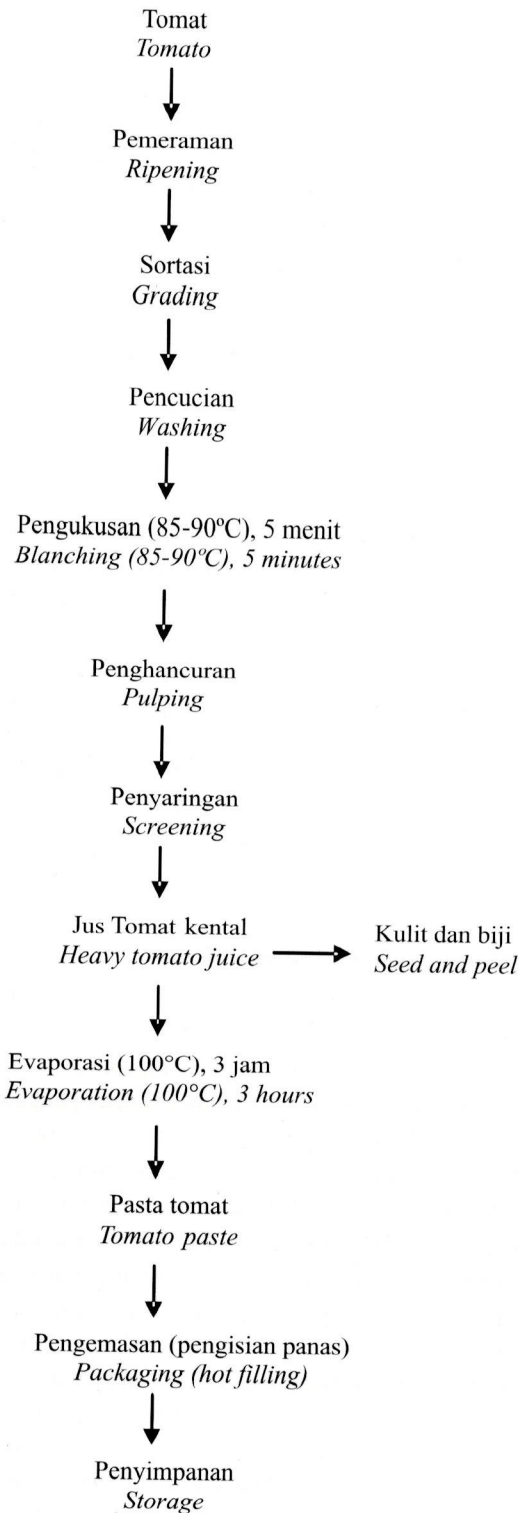
Buah tomat berwarna merah dan tidak cacat dicuci dengan air mengalir dan ditiriskan. Sebanyak 3 kg tomat diblansir selama 5 menit dan dihancurkan dengan blender kemudian disaring untuk memisahkan antara biji dan bubur buah. Bubur buah dipanaskan sampai suhu mendidih (lebih dari 100°C) dalam panci *stainless steel* sambil diaduk-aduk. Pengawet (kalium sorbat), pewarna (*ponceau red*) dan gula masing-masing dengan konsentrasi 400 ppm, pewarna 500 ppm dan 5% ditambahkan pada saat pasta mencapai TPT 20°Brix. Pemanasan dilanjutkan sampai pasta memiliki TPT 28°Brix. Proses pemanasan berlangsung selama 3 jam. Diagram alir pembuatan pasta tomat disajikan pada Gambar 1.

2. Penyimpanan Pasta Tomat Kental

Pasta dalam keadaan panas sebanyak 100 gram dikemas (*hot filling*) dalam botol plastik PP. Ada empat produk pasta tomat yang diduga umur simpannya, yaitu pasta yang ditambah pengawet (P), pasta dengan pengawet dan pewarna (PP), pasta dengan pengawet, pewarna dan gula (PPG) dan pasta tomat kontrol (tanpa tambahan). Pasta disimpan pada suhu 20°C di ruang berpendingin udara, suhu kamar 28°C dan suhu 40°C di dalam inkubator. Pemilihan suhu mengacu pada penelitian pendugaan umur simpan *puree* mangga dengan metode akselerasi pada tiga suhu penyimpanan yakni 7°C, 15°C dan 30°C. Hasil penelitian menunjukkan laju penurunan mutu (nilai k) terlalu kecil dan disarankan suhu ditingkatkan untuk mempercepat penurunan mutu sehingga cocok untuk metode akselerasi (Anugrahwati *et al.*, 2005). Penelitian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan, pengamatan selama penyimpanan dilakukan pada penyimpanan awal (minggu 0), minggu ke-2, minggu ke-4, minggu ke-6, dan minggu ke-8.

3. Analisis dan Pengamatan

Analisis dilakukan terhadap parameter kritis yakni kecerahan warna (L) dan organoleptik (penerimaan konsumen). Kecerahan warna diukur dengan chromameter



Gambar 1. Diagram alir pembuatan pasta tomat kental
Figure 1. Flowchart of heavy tomato paste processing

yang dinyatakan sebagai kecerahan warna (*lightness*). Uji organoleptik meliputi warna, aroma dan tingkat penerimaan. Panelis diminta terlebih dahulu merespon warna lalu aroma pasta tomat dan pada akhirnya diminta merespon penerimaan yang merupakan kesimpulan dari

respon warna dan aroma. Uji organoleptik dilakukan dengan metode *hedonic test* menggunakan 20 orang panelis. Skor yang digunakan berkisar antara 1 s/d 6, dimana skor : 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = agak suka, 5 = suka dan 6 = sangat suka (Soekarto dan Hubeis (1993) dalam Anugrahwati (2005).

Pengamatan secara visual terhadap warna dan penampakan dilakukan selang satu minggu selama 6 minggu penyimpanan. Penampakan yang dilihat adalah apakah telah tumbuh kapang atau tidak pada permukaan pasta tomat.

4. Pendugaan Umur Simpan

Langkah-langkah pendugaan umur simpan dengan metode ASS adalah diawali dengan mengidentifikasi parameter kritis yang menentukan umur simpan produk. Sebagai parameter kritis secara kuantitatif adalah kecerahan warna (L) dan secara kualitatif adalah penerimaan konsumen.

Langkah yang kedua adalah menentukan nilai mutu awal dan batas mutu minimum yang diharapkan. Batas mutu minimum adalah nilai mutu dimana produk mulai ditolak oleh konsumen (Hough *et al.*, 2005). Selanjutnya dilakukan prediksi terhadap tingkah laku penurunan mutu masing-masing parameter kritis dengan melakukan plot grafik kinetika reaksi untuk ordo 0 dan ordo 1. Kecenderungan untuk dapat melihat suatu reaksi mengikuti ordo berapa adalah dengan melihat nilai korelasi (R²) yang lebih besar pada persamaan liniernya. Penurunan mutu ordo 0 adalah merupakan penurunan mutu yang konstan yang dinyatakan sebagai persamaan sebagai berikut.

$$A_t - A_o = -kt \dots\dots\dots(1)$$

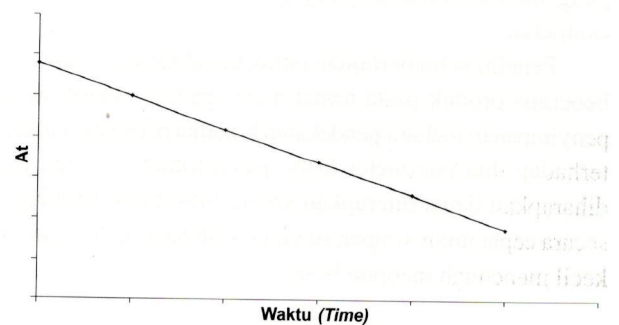
dimana : A_t = Jumlah A pada waktu t

A_o = Jumlah awal A

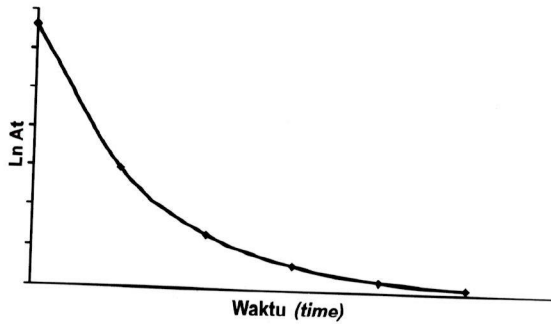
k = laju perubahan mutu

t = waktu simpan

Plot hubungan antara penurunan mutu dengan waktu penyimpanan pada reaksi ordo 0 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara mutu dan waktu penyimpanan pada reaksi ordo nol
Figure 2. Correlation of quality and time storage at zero order reaction



Gambar 3. Hubungan antara mutu pasta tomat dan waktu penyimpanan pada reaksi orde 1
 Figure 3. Correlation of tomato paste quality and storage time at first order reaction

Sedangkan penurunan mutu orde satu dinyatakan sebagai persamaan sebagai berikut.

$$\ln A_t - \ln A_o = -kt \dots\dots(2)$$

Plot hubungan antara penurunan mutu dengan waktu penyimpanan pada reaksi orde 1 dapat dilihat pada Gambar 3.

Setelah orde reaksi ditetapkan, langkah ketiga adalah menetapkan nilai konstanta (k) yang menyatakan hubungan antara nilai mutu dengan lama penyimpanan pada masing-masing suhu penyimpanan terhadap kedua parameter kritis yang dipilih, selanjutnya nilai ln k pada masing-masing suhu penyimpanan tersebut diplot dengan 1/T seperti yang terlihat pada Gambar 4, sehingga dapat diperoleh persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$\ln k = \ln k_o - E_a/R \cdot 1/T \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- k = konstanta kecepatan reaksi
- k_o = konstanta pre-eksponensial
- E_a = energi aktivasi (KJ/mol)
- R = konstanta gas 1.987 (kal/mol)
- T = Suhu mutlak (K)

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai k pada suhu penyimpanan atau distribusi yang dikehendaki untuk di duga umur simpannya. Nilai k dari persamaan ini merupakan laju penurunan mutunya perhari. Umur simpan pasta tomat di duga dengan menghitung selisih skor awal produk dan skor pada saat produk tidak di sukai di bagi dengan laju penutunan ,utu k pada suhu penyimpanan dugaan distribusi yang dinyatakan melalui persamaan berikut :

$$t_s = [\ln(N_o - N_t)]/K_r \text{ untuk laju reaksi orde satu } \dots(4)$$

$$t_s = (N_o - N_t)/K_r \text{ untuk laju reaksi orde nol } \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

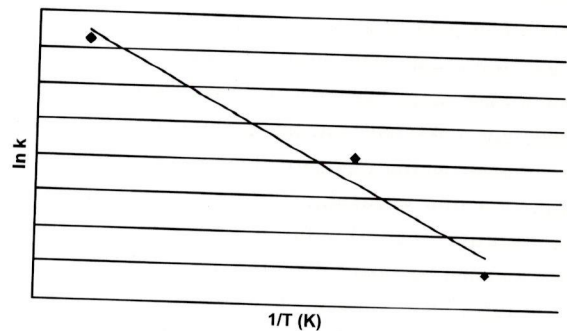
t_s = Waktu penyimpanan

N_o = Nilai parameter mutu pada t_o (awal penyimpanan)

N_t = Nilai parameter mutu setelah waktu penyimpanan t (batas kritis)

K_r = Nilai K pada suhu penyimpanan T

Langkah terakhir adalah menetapkan suhu yang ingin diketahui umur simpannya.



Gambar 4. Hubungan antara ln k dengan 1/T pada persamaan Arrhenius

Figure 4. Correlation of ln k and 1/T at Arrhenius equation

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penetapan parameter kritis

Penyimpanan bahan pangan pada kondisi lingkungan tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan pada bahan pangan tersebut sebagai akibat proses penyesuaian terhadap kondisi lingkungan. Salah satu kondisi lingkungan yang mempengaruhi perubahan pada bahan pangan tersebut adalah suhu. Selama penyimpanan, pasta tomat mengalami perubahan mutu seperti perubahan warna sehingga menurunkan penerimaan konsumen. Pada penelitian pendugaan umur simpan pasta tomat ini ditetapkan dua parameter kritis yaitu secara kuantitatif adalah kecerahan warna (L) dan secara kualitatif yaitu penerimaan konsumen. Pemilihan kedua parameter tersebut adalah berdasarkan pertimbangan karena warna pasta tomat sangat mudah berubah selama penyimpanan menjadi gelap sehingga sangat mempengaruhi penerimaan

konsumen. Selain itu kedua faktor kritis memiliki data penurunan mutu yang konsisten dengan nilai korelasi (R^2) yang memenuhi syarat untuk suatu reaksi kinetika ($R^2 \leq 0,5$).

B. Penetapan Ordo Reaksi

Nilai penurunan mutu dari kedua parameter kritis selanjutnya diinterpretasikan menggunakan regresi linear dengan bantuan program excell maka dapat diketahui *slope* (gradien), intersep dan korelasinya baik pada ordo 0 ataupun ordo 1 seperti yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Penetapan ordo reaksi merupakan cara untuk memprediksi tingkah laku penurunan mutu dalam pendugaan umur simpan pasta tomat. Avila dan Silva (1999); Lee dan Krochta (2002) menyebutkan bahwa reaksi kehilangan mutu pada bahan pangan banyak yang dijelaskan oleh ordo reaksi 0 dan 1 dan hanya sedikit yang dijelaskan oleh ordo yang lain. Reaksi kinetika penurunan mutu biasanya mengikuti orde reaksi satu. Beberapa reaksi lain yang mengikuti reaksi ordo 1 adalah perubahan warna oksidatif, ketengikan, pertumbuhan mikroba dan kerusakan vitamin. Sedangkan yang mengikuti ordo 0 adalah kerusakan enzimatis, pencoklatan enzimatis dan oksidasi.

Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa korelasi (R^2) ordo reaksi satu relatif lebih tinggi daripada ordo reaksi 0

baik pada penurunan mutu kecerahan warna maupun tingkat penerimaan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa reaksi kinetika penurunan mutu kedua parameter tersebut mengikuti pola ordo reaksi 1. Nilai R^2 kecerahan warna berkisar antara 0,511 s/d 0,794, nilai ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan nilai R^2 parameter tingkat penerimaan yang berkisar antara 0,689 s/d 0,969 pada ordo reaksi 1. Namun demikian nilai R^2 tersebut masih bisa untuk dilanjutkan perhitungan kinetikanya mengingat nilai R^2 yang dipersyaratkan dalam perhitungan kinetika adalah $e \leq 0,50$.

C. Pendugaan Umur Simpan Dengan Metode Akselerasi

Nilai gradien atau *slope* (k) menyatakan besarnya nilai penurunan mutu selama penyimpanan. Apabila nilai gradien di \ln (*natural log*)-kan dan diplotkan dengan $1/T$ atau satu per suhu mutlak maka diperoleh persamaan Arrhenius seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 untuk parameter kritis kecerahan warna dan Tabel 4 untuk parameter kritis penerimaan konsumen. Secara garis besar nilai konstanta kecepatan reaksi penurunan mutu (K) pada masing-masing suhu penyimpanan dapat diduga dengan menggunakan persamaan Arrhenius yang diperoleh.

Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh bahwa nilai mutu awal kecerahan warna (L) adalah 42,45 untuk kontrol, 46,67 untuk produk pasta P, 45,51 untuk produk pasta PP

Tabel 1. Nilai slop, intersep dan koefisien korelasi pada reaksi ordo 0 dan ordo 1 kecerahan warna
Table 1. Slope, intercept and correlation coefficient at zero and first order reaction for color lightness

Kode Produk (Product code)	Suhu (Temperature) (°C)	Ordo 0			Ordo 1		
		Slope	Intercept	R^2	Slope	Intercept	R^2
K	40	-1,240	39,306	0,711	-0,034	3,667	0,737
	28	-1,192	37,784	0,510	-0,033	3,620	0,511
	20	-1,090	38,414	0,533	-0,030	3,640	0,537
P	40	-2,005	41,066	0,667	-0,056	3,702	0,705
	28	-1,957	41,043	0,662	-0,054	3,703	0,702
	20	-1,476	41,218	0,538	-0,038	3,705	0,546
PP	40	-1,833	40,832	0,710	-0,051	3,701	0,749
	28	-1,710	40,360	0,632	-0,047	3,686	0,660
	20	-1,713	41,780	0,760	-0,047	3,728	0,794
PPG	40	-1,785	41,066	0,651	-0,048	3,703	0,682
	28	-1,672	40,436	0,559	-0,045	3,683	0,571
	20	-1,696	41,594	0,675	-0,045	3,683	0,707

Keterangan/ Remarks

K = Kontrol /Control

P = Penambahan pengawet/ Preservative substance added

PP = Penambahan pengawet dan pewarna/ Preservative and coloring substance added

PPG = Penambahan pengawet, pewarna dan gula/ Preservative, coloring substance and sugar added

Tabel 2. Nilai slop, intersept dan korelasi pada reaksi orde 0 dan orde 1 untuk penerimaan konsumen
 Table 2. Slope, intercept and coefficient of correlation at zero and first order reaction for consumers acceptance

Produk (Product)	Suhu (Temperature) (°C)	Ordo nol			Ordo satu		
		Slope (k)	Intercept	Korelasi (R ²)	Slope (k)	Intercept	Korelasi (R ²)
K	40	-0,235	4,640	0,812	-0,062	1,539	0,824
	28	-0,160	4,360	0,876	-0,042	1,473	0,909
	20	-0,120	4,640	0,972	-0,029	1,539	0,959
P	40	-0,255	4,400	0,882	-0,075	1,494	0,912
	28	-0,210	4,460	0,905	-0,056	1,498	0,934
	20	-0,160	4,420	0,834	-0,041	1,485	0,867
PP	40	-0,162	4,542	0,773	-0,044	1,526	0,766
	28	-0,147	4,182	0,961	-0,041	1,436	0,969
	20	-0,117	3,942	0,668	-0,032	1,367	0,689
PPG	40	-0,295	5,100	0,872	-0,074	1,638	0,839
	28	-0,200	4,560	0,668	-0,050	1,508	0,700
	20	-0,115	5,000	0,864	-0,025	1,612	0,864

dan 46,21 untuk produk pasta PPG, sedangkan batas mutu minimum kecerahan warna adalah pada nilai L = 28 panelis sudah mulai menolak dengan memberikan respon “ tidak suka”. Dasar pertimbangannya adalah pasta tomat pada nilai L 28 sudah tidak bisa diterima oleh konsumen. Sedangkan nilai mutu awal penerimaan konsumen adalah pada angka 4,6 untuk pasta K, 4,7 untuk pasta P, 4,27 untuk pasta PP dan 5,10 untuk pasta PPG, sedangkan batas mutu minimumnya adalah 2. Dasar pertimbangannya adalah karena pada angka 2 adalah merupakan respon “ tidak suka” dari panelis. Hal ini terjadi rata-rata pada penyimpanan selama empat minggu pada suhu kamar.

Produk pasta K pada parameter kecerahan warna mempunyai persamaan penurunan mutu adalah $\ln K = -1,313 - 640,66 (1/T)$, maka untuk menduga umur simpan

apabila pasta tomat disimpan pada suhu 7°C atau 280°K akan menghasilkan nilai $\ln k = -3,60$ atau $k = 0,277$, artinya akan terjadi penurunan kecerahan warna sebesar 0,277 unit per hari. Maka total unit mutu sampai kadaluwarsa adalah dapat dihitung dengan mengurangkan nilai mutu awal atau 42,45 (nilai kecerahan warna) dengan nilai batas kritis warna yaitu 28 dan menghasilkan nilai 14,5 unit mutu. Perkiraan umur simpan (ts) pasta tomat perlakuan K pada suhu penyimpanan 7°C adalah dapat dihitung dengan persamaan 4 sehingga diperoleh hasil 96,41 hari.

Untuk menduga umur simpan pada perlakuan K pada suhu penyimpanan yang lain seperti 15°C, 25°C atau 35°C adalah dengan memasukkan nilai suhu absolut (°K) ke dalam persamaan Arrhenius tersebut untuk memperoleh nilai K (konstanta penurunan mutu) lalu hasilnya

Tabel 3. Persamaan Arrhenius penurunan mutu kecerahan warna pada berbagai produk dan suhu penyimpanan.
 Table 3. Arrhenius equation for color lightness decline at various product and storage temperatures.

Produk (Product)	T (°C)	ln k	T (°K)	1/T (°K)	Persamaan linier (linier equation) Ln K vs 1/T(°K)	Persamaan Arrhenius (Arrhenius equation)
						$\ln K = \ln K_0 - E_a/R (1/T)$
K	40	-3,372	313	0,00319	$Y = -640,66X - 1,3138$	$\ln K = -1,3138 - 640,66 (1/T)$
	28	-3,412	301	0,00332	$R^2 = 0,883$	
	20	-3,517	293	0,00341		
P	40	-2,887	313	0,00319	$Y = -1657,9X + 2,4625$	$\ln K = 2,4625 - 1657,9 (1/T)$
	28	-2,917	301	0,00332	$R^2 = 0,7281$	
	20	-3,270	293	0,00341		
PP	40	-2,976	313	0,00319	$Y = -432,85X - 1,6009$	$\ln K = -1,6009 - 432,85 (1/T)$
	28	-3,056	301	0,00332	$R^2 = 0,9065$	
	20	-3,067	293	0,00341		
PPG	40	-3,0279	313	0,00319	$Y = -362,92X - 1,8741$	$\ln K = -1,8741 - 362,92 (1/T)$
	28	-3,093	301	0,00332	$R^2 = 0,9166$	
	20	-3,104	293	0,00341		

Tabel 4. Persamaan Arhenius penurunan tingkat penerimaan untuk berbagai produk dan suhu penyimpanan.

Tabel 4. Arhenius equation for decrease in acceptance level for different types of product and storage temperatures.

Produk (Product)	T (°C)	ln k	T (°K)	1/T (°K)	Persamaan linier (linier equation) Ln K vs 1/T(°K)	Persamaan Arhenius (Arhenius equation)
						Ln K = Ln Ko-Ea/R (1/T)
K	40	-2,772	313	0,00319	Y = -3454,2X + 8,2745	Ln K = 8,2745 - 3454,2 (1/T)
	28	-3,173	301	0,00332	R ² = 0,9959	
	20	-3,530	293	0,00341		
P	40	-2,588	313	0,00319	Y = -2753,2X + 6,2266	Ln K = 6,2266 - 2753,2 (1/T)
	28	-2,875	301	0,00332	R ² = 0,9838	
	20	-3,196	293	0,00341		
PP	40	-3,119	313	0,00319	Y = -1442,2X + 1,5196	Ln K = 1,5196 - 1442,2 (1/T)
	28	-3,197	301	0,00332	R ² = 0,8568	
	20	-3,445	293	0,00341		
PPG	40	-2,598	313	0,00319	Y = -4814X + 12,843	Ln K = 12,843 - 4814 (1/T)
	28	-3,004	301	0,00332	R ² = 0,9449	
	20	-3,673	293	0,00341		

digunakan pada perhitungan dengan menggunakan persamaan 4. Begitu pula untuk produk pasta tomat dan parameter mutu yang lainnya. Hasil pendugaan umur simpan berdasarkan penurunan mutu kecerahan warna pada beberapa suhu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 5.

Sedangkan pendugaan umur simpan pasta tomat dengan parameter kritis penerimaan konsumen diperoleh hasil seperti pada Tabel 6. Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa dugaan umur simpan pasta tomat bervariasi untuk masing-masing produk pasta baik pada parameter kritis mutu kecerahan warna maupun tingkat penerimaan. Dugaan umur simpan dengan parameter kritis kecerahan warna berkisar antara 59,32 s/d 97,93 hari. Nilai ini lebih tinggi dari dugaan umur simpan berdasarkan parameter kritis tingkat penerimaan yaitu berkisar antara 17,34 s/d 87,72 hari.

Pada dugaan umur simpan dengan batas kritis kecerahan warna, pasta kontrol (K) mempunyai dugaan umur simpan yang paling lama, selanjutnya diikuti oleh produk pasta P, PPG dan PP. Pasta tomat kontrol (K) adalah pasta tomat yang dibuat tanpa penambahan pengawet, pewarna maupun gula. Bila dilihat nilai mutu awalnya pasta kontrol adalah paling rendah yaitu 42,45 tetapi karena kecepatan kerusakan (nilai k) paling rendah di antara perlakuan yang lain yang artinya penurunan mutu berjalan lambat maka menghasilkan dugaan umur simpan yang paling lama. Hariyadi (2004) menyebutkan bahwa pada dasarnya umur simpan produk pangan ditentukan oleh faktor-faktor yaitu bahan baku, kondisi pengolahan, kondisi pengemasan, kondisi penyimpanan, distribusi dan penyajakan.

Penambahan pengawet kalium sorbat 400 ppm pada produk pasta P, PP dan PPG ternyata tidak menjadikan

umur simpan lebih panjang. Diduga konsentrasi kalium sorbat sebesar 400 ppm yang merupakan konsentrasi minimal belum efektif sebagai pengawet untuk pasta tomat. Demikian pula penambahan pewarna *ponceau red* 500 ppm belum efektif untuk memperbaiki dan mempertahankan warna selama pasta tomat disimpan karena pasta tomat yang ditambahkan pewarna yaitu perlakuan PP dan PPG mempunyai dugaan umur simpan yang tidak lebih lama daripada kontrol. Penurunan mutu warna pasta tomat selama penyimpanan diduga karena terjadi penurunan kadar likopen yang merupakan senyawa yang bertanggung jawab dalam warna merah tomat. Selama penyimpanan terjadi perubahan kecerahan warna pasta tomat dari merah cerah menjadi merah gelap, hal ini diduga karena adanya proses oksidasi dan suhu penyimpanan. Studi kinetik likopen murni dalam minyak *safflower* menunjukkan bahwa likopen sangat rentan terhadap reaksi oksidatif dan suhu dimana kecepatan rata-rata degradasinya dua kali lebih cepat daripada karotenoid lain (Henry et al., 1998).

Fenomena lain terjadi pada dugaan umur simpan dengan batas kritis tingkat penerimaan. Dugaan umur simpan terlama diperoleh pada pasta PPG, disusul oleh K, P dan PP. Apabila dilihat perlakuan PPG mempunyai nilai mutu awal yang paling tinggi dibanding produk pasta lainnya. Tingkat penerimaan merupakan kesimpulan dari respon panelis setelah panelis merespon warna, rasa dan aroma serta penampakan. Pasta tomat PPG adalah pasta tomat yang dibuat dengan penambahan pengawet kalium sorbat sebesar 400 ppm, pewarna dan gula sebesar 5%. Gula diduga berpengaruh terhadap rasa, aroma dan warna pasta tomat selama penyimpanan.

Dalam menentukan dugaan umur simpan biasanya diperoleh dugaan umur simpan yang bervariasi. Dugaan

Tabel 5. Pendugaan umur simpan pasta tomat kental pada reaksi ordo 1 pada suhu 7°C, 15°C, 25°C dan 30°C. dengan parameter kecerahan warna .

Table 5. Heavy tomato paste shelf life prediction at first order reaction at temperature storage as follows 7°C, 15°C, 25°C and 30°C for color brightness parameter.

Produk (Product)	Suhu pendugaan (Temperature prediction)		Pers. Arhenius (Arrhenius equation)	ln K	K	Mutu awal (initial quality)	Batas kritis (critical limit)	Total unit mutu (quality total unit)	Umur simpan (shelf life) (ts)
	(°C)	(°K)				(No)	(Nt)		
K	7	280	Ln K = -1,3138 - 640,66 (1/T)	-3,60191	0,027	42,45	28	2,67	97,93
	15	288		-3,53835	0,029	42,45	28		91,90
	25	298		-3,46370	0,031	42,45	28		85,29
	30	303		-3,42823	0,032	42,45	28		82,32
P	7	280	Ln K = 2,4625 - 1657,9 (1/T)	-3,45849	0,031	46,67	28	2,93	92,99
	15	288		-3,29402	0,037	46,67	28		78,88
	25	298		-3,10085	0,045	46,67	28		65,03
	30	303		-3,00905	0,049	46,67	28		59,32
PP	7	280	Ln K = -1,6009 - 432,85 (1/T)	-3,14681	0,042	45,51	28	2,86	66,59
	15	288		-3,10387	0,044	45,51	28		63,79
	25	298		-3,05344	0,047	45,51	28		60,66
	30	303		-3,02947	0,048	45,51	28		59,22
PPG	7	280	Ln K = -1,8741 - 362,92 (1/T)	-3,17030	0,041	46,21	28	2,90	69,11
	15	288		-3,13429	0,043	46,21	28		66,67
	25	298		-3,09201	0,045	46,21	28		63,90
	30	303		-3,07191	0,046	46,21	28		62,63

umur simpan dengan parameter kritis mutu yang berbeda akan menghasilkan dugaan umur simpan yang berbeda pula. Pendugaan umur simpan dengan parameter kritis mutu kecerahan warna memberikan hasil dugaan umur simpan yang berbeda dengan batas kritis penerimaan konsumen.

Keputusan untuk merekomendasikan data dugaan umur simpan, sangat bergantung pada kebijakan perusahaan atau instansi. Namun demikian, berdasarkan pertimbangan keamanan produk maka digunakan data umur simpan yang pendek (Koswara dan Kusnandar, 2004) serta mempunyai nilai korelasi yang lebih tinggi. Berdasarkan alasan keamanan produk pasta tomat dan dengan melihat nilai korelasi (R^2) maka data yang direkomendasikan adalah pasta tomat yang diduga umur simpannya dengan batas kritis penerimaan konsumen. Berdasarkan parameter kritis ini pasta tomat PPG mempunyai dugaan umur simpan paling tinggi. Pada penyimpanan suhu 7°C, 15°C, 25°C dan 30°C masing-masing mempunyai dugaan umur simpan sebesar 87,72 ; 54,41; 31,05 dan 23,78 hari. Hasil analisis kimia pasta tomat PPG setelah disimpan selama 25 hari pada suhu kamar ditampilkan pada Tabel 7.

Pasta tomat PPG yang telah disimpan selama 25 hari pada suhu kamar masih mempunyai kandungan nutrisi yang baik, kandungan vitamin C cukup tinggi yakni 80

mg/100 g namun sedikit lebih rendah dari kandungan vitamin C pasta tomat impor merk *Delmonte* hasil analisis dari Fibriany (2000), yaitu sebesar 94,61 mg/100g. Selanjutnya total asam menunjukkan nilai yang sama yaitu 1,9%, pH yang sedikit lebih rendah dimana pH pasta tomat adalah 4,7 pada TPT 27,13°Brix. Sementara itu angka TPC juga masih pada batas yang aman dan sesuai SNI dengan SNI saus tomat No. 01-3546-2004 yakni sebesar 10^2 , mengingat pasta tomat ini biasanya tidak dikonsumsi langsung tetapi digunakan sebagai bahan campuran atau diolah menjadi produk lain.

Hasil dugaan umur simpan pasta tomat hasil penelitian ini berbeda dengan dugaan umur simpan hasil penelitian Fibriany (2000), pasta tomat dalam kemasan jerigen mempunyai dugaan umur simpan pada penyimpanan suhu 4°C, 10°C, 28°C dan 45°C berturut-turut adalah 140; 114,6; 62,6; 41 dan 28,9 hari. Selanjutnya dilaporkan bahwa pasta tomat yang disimpan dalam kemasan gelas mempunyai dugaan umur simpan yang sedikit lebih panjang yakni 157; 130,6; 57; 51,3 dan 28 hari pada suhu penyimpanan yang sama. Penelitian mengenai umur simpan *puree* mangga yang dipasteurisasi pada suhu 75°C selama 10 menit dan disimpan dalam kemasan gelas, berdasarkan parameter kritis nilai total asam menghasilkan dugaan umur simpan 8 bulan pada penyimpanan suhu 7°C, 6,8 bulan pada penyimpanan suhu 15°C dan 1,1 bulan pada

Tabel 6. Pendugaan umur simpan pasta tomat kental pada reaksi ordo 1 pada suhu 7°C, 15°C, 25°C dan 30°C untuk parameter penerimaan konsumen.

Table 6. Heavy tomato paste shelf life prediction at first order reaction at temperature storage of 7°C, 15°C, 25°C and 30°C for consumers acceptance parameter

Produk (Product)	Suhu pendugaan (Temperatur & prediction)		Pers. Arrhenius (Arrhenius equation)	ln K	K	Mutu awal (initial quality)	Batas kritis (critical limit)	Total unit mutu (total of quality unit)	Umur simpan (shelf life) (ts)
	(°C)	(°K)				(No)	(Nt)		
K	7	280	Ln K = 8,2745 - 3454,2 (1/T)	-4,062	0,0172	4,6	2	0,96	55,51
	15	288		-3,719	0,0242	4,6	2	0,96	39,40
	25	298		-3,316	0,0362	4,6	2	0,96	26,35
	30	303		-3,125	0,0439	4,6	2	0,96	21,76
P	7	280	Ln K = 6,2266 - 2753,2 (1/T)	-3,606	0,0271	4,7	2	0,99	36,58
	15	288		-3,333	0,0356	4,7	2	0,99	27,84
	25	298		-3,012	0,0491	4,7	2	0,99	20,20
	30	303		-2,859	0,0572	4,7	2	0,99	17,34
PP	7	280	Ln K = 1,5196 - 1442,2 (1/T)	-3,630	0,0265	4,27	2	0,82	30,93
	15	288		-3,487	0,0305	4,27	2	0,82	26,82
	25	298		-3,320	0,0361	4,27	2	0,82	22,68
	30	303		-3,240	0,0391	4,27	2	0,82	20,94
PPG	7	280	Ln K = 12,843 - 4814 (1/T)	-4,350	0,0129	5,10	2	1,13	87,72
	15	288		-3,873	0,0207	5,10	2	1,13	54,41
	25	298		-3,312	0,0364	5,10	2	1,13	31,05
	30	303		-3,045	0,0475	5,10	2	1,13	23,78

penyimpanan suhu 30°C (Anugrahwati *et al.*, 2005).

Perbedaan dugaan umur simpan ini karena perbedaan dalam proses pembuatan, jenis kemasan dan tingkat kekentalan pasta tomat. Pasta tomat hasil penelitian dibuat dengan proses manual, dan diduga masih kurang tingkat sterilitasnya terutama pada proses pencampuran dan pengemasan.

D. Pengamatan Secara Visual Pasta Tomat Selama Penyimpanan

Hasil pengamatan secara visual terhadap warna dan penampakan pada semua produk pasta tomat baik K, P, PP dan PPG yang disimpan pada suhu kamar menunjukkan bahwa pada penyimpanan minggu ke-4 pasta tomat telah ditumbuhi kapang pada permukaannya. Selain itu juga terjadi perubahan warna pasta tomat dari warna merah menjadi agak coklat sampai dengan coklat mulai pada penyimpanan minggu ke-4 hingga di akhir penyimpanan yaitu pada minggu ke-6. Bila dibandingkan dengan hasil dugaan umur simpan dengan parameter kritis penerimaan konsumen nilai ini relatif signifikan dimana nilai dugaan umur simpan pada suhu 30°C berkisar antara 17 sampai dengan 23 hari.

Sementara pasta tomat yang disimpan pada suhu dingin menandakan belum ditumbuhi kapang sampai akhir

penyimpanan pada minggu ke-6, tetapi warna sudah berubah dari warna merah menjadi agak coklat pada minggu ke-4 untuk pasta tomat K dan PP, pada minggu ke-3 untuk pasta tomat P dan minggu ke-5 untuk pasta tomat PPG. Tumbuhnya kapang pada permukaan pasta tomat menandakan telah terjadi kerusakan pada produk. Bila dibandingkan dengan hasil dugaan umur simpan nilai ini relatif signifikan dimana nilai dugaan umur simpan pada suhu 15°C berkisar antara 26 s/d 54 hari.

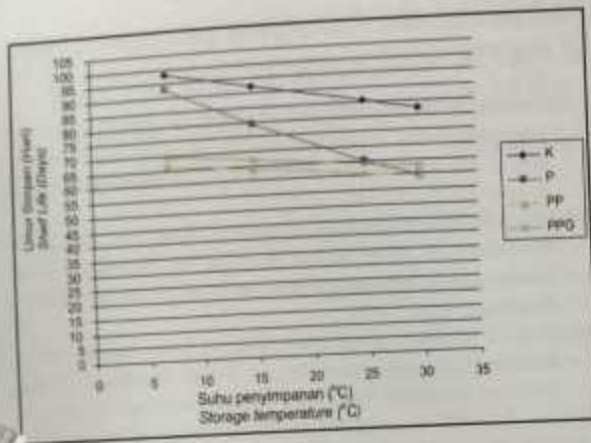
Tabel 7. Karakteristik pasta tomat PPG setelah disimpan selama 25 hari pada suhu kamar

Table 7. Characteristics of PPG tomato paste after twenty five days of storage at room temperature

Parameter Parameters	Hasil (Results)
Vitamin C /Ascorbic acid (mg/100 g)	80
Total asam/Acid total (%)	1,9
Total padatan terlarut /Total soluble solid ("Brix)	29,1
pH	4,3
Kecerahan warna/Lightness	32,5
Angka lempeng total/Total Plate Count (CFU)	10 ⁷

Keterangan : PPG : pasta tomat ditambah pengawet,
pewarna dan gula

Remark : PPG : tomato paste added with preservative,
coloring and sugar.



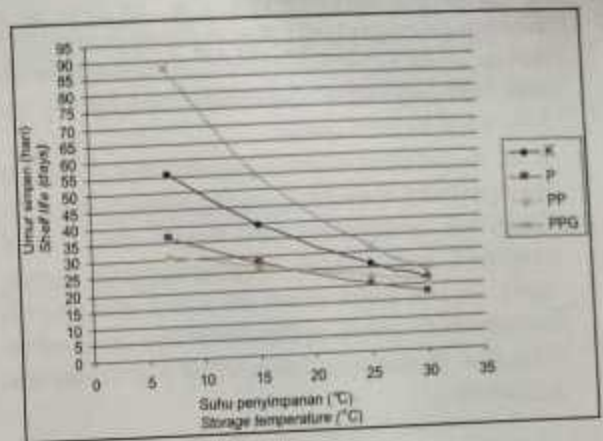
Gambar 5. Hubungan antara suhu penyimpanan dan dugaan umur simpan berdasarkan parameter kritis kecerahan warna
 Figure 5. Correlation of temperature storage and shelf life prediction based on color lightness critical parameter

E. Hubungan Antara Suhu Penyimpanan Dengan Perubahan Mutu Organoleptik dan Dugaan Umur Simpan

Ada keterkaitan yang erat antara suhu, perubahan mutu organoleptik dan dugaan umur simpan. Suhu berpengaruh terhadap kecepatan kerusakan suatu bahan atau penurunan mutu (Franks, 1994). Selama penyimpanan, terjadi penurunan mutu organoleptik (warna, aroma dan penerimaan) terhadap pasta tomat. Secara umum respon panelis mengalami penurunan skor baik pada warna maupun aroma dengan bertambahnya waktu penyimpanan dan meningkatnya suhu penyimpanan. Skor kesukaan warna, aroma dan penerimaan terhadap produk pasta tomat pada umumnya paling tinggi pada penyimpanan suhu berpendingin udara (20°C) lalu disusul suhu kamar (28°C) dan penyimpanan suhu inkubator (40°C) mempunyai skor paling rendah. Menurunnya respon warna dan aroma berpengaruh terhadap menurunnya tingkat penerimaan karena tingkat penerimaan merupakan kesimpulan dari respon warna dan aroma.

Pasta tomat PPG yang disimpan pada suhu berpendingin udara (20°C) mempunyai skor kesukaan warna dan aroma serta tingkat penerimaan tertinggi diakhir penyimpanan pada minggu ke-8 dibandingkan dengan pasta tomat lainnya. Skor diakhir penyimpanan untuk warna adalah 4 (agak menyukai), aroma adalah 3,4 (agak tidak suka s/d agak suka), tingkat penerimaan adalah 4 (menyukai).

Sementara itu makin tinggi suhu penyimpanan maka kecepatan kerusakan/penurunan mutu yang dinyatakan oleh nilai k juga makin besar dan akibatnya dugaan umur simpan (ts) juga makin pendek yang ditunjukkan oleh



Gambar 6. Hubungan antara suhu penyimpanan dan dugaan umur simpan berdasarkan parameter kritis tingkat penerimaan
 Figure 6. Correlation of temperature storage and shelf life prediction based on acceptance level critical parameter

grafik linier yang menurun (Gambar 5 dan 6). Pasta tomat dengan suhu penyimpanan 5°C mempunyai dugaan umur simpan yang paling tinggi dan diikuti oleh penyimpanan pada suhu 15°C, 25°C dan 30°C. Titik yang berimpit menunjukkan adanya kesamaan dugaan umur simpan produk pasta tomat pada suhu penyimpanan yang sama.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi dugaan umur simpan adalah nilai mutu awal. Nilai mutu awal yang tinggi bisa menghasilkan dugaan umur simpan yang panjang pula, seperti yang terjadi pada pasta tomat PPG. Berdasarkan parameter kritis penerimaan pasta tomat PPG mempunyai dugaan umur simpan yang paling lama karena nilai mutu awalnya paling tinggi dibanding dengan pasta tomat lainnya. Hal ini berkaitan dengan persamaan 4, umur simpan (ts) merupakan hasil ln nilai mutu awal (No) dikurangi nilai mutu akhir (Nt) dibagi dengan laju penurunan mutu (kt). Maka dengan itu pasta tomat yang mempunyai nilai mutu awal tinggi dan laju penurunan mutu kecil akan mempunyai dugaan umur simpan yang lebih panjang.

KESIMPULAN

1. Reaksi kinetika penurunan mutu kecerahan warna dan tingkat penerimaan pasta tomat mengikuti reaksi orde satu.
2. Dengan metode akselerasi, pasta tomat perlakuan PPG (pasta tomat dengan penambahan pewarna, pengawet dan gula) mempunyai dugaan umur simpan paling lama yakni: penyimpanan suhu 7°C, 15°C, 25°C dan 30°C masing-masing mempunyai dugaan umur simpan sebesar 87,72 ; 54,41; 31,05 dan 23,78 hari.

3. Hasil analisis pasta tomat setelah disimpan selama 25 hari pada suhu kamar masih menunjukkan kualitas yang baik dari segi nutrisi (kandungan vitamin C) dan mikrobiologis serta sensori.
4. Hasil dugaan umur simpan pasta tomat dengan metode akselerasi telah diverifikasi dengan pengamatan secara visual dan menunjukkan hasil dugaan umur simpan yang tidak jauh berbeda. Namun demikian dugaan umur simpan pasta tomat ini masih mempunyai keterbatasan untuk aplikasinya dan disarankan dilakukan pengamatan lainnya dari segi nutrisi dan mikrobiologi.

SARAN

Perlu ditempuh cara untuk memperpanjang umur simpan pasta tomat yaitu dengan meningkatkan nilai mutu awal untuk memperbaiki warna dan memperlambat laju penurunan mutu. Selain itu perlu perbaikan proses untuk mendapatkan hasil pasta tomat yang maksimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Ir. Endang Yuli Purwani, MSi yang telah berkenan membantu memberikan arahan dalam tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anugrahwati, Y., Wirakartakusumah, A., Kusnandar, F dan Setyadjit. 2005. Perubahan karakteristik mutu dan analisis kinetika *puree* mangga selama penyimpanan. Prosiding Seminar Nasional: Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian : 130-139.

- Avila, IMLB and CLM. Silva . 1999. Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *J. Food. Eng.*, 39:161-166.
- Dattatreya, A., Erzel, MR., and SA. Rankin. 2007. Kinetic of browning during accelerated storage of sweet whey powder and prediction of its shelf life. *International Dairy Journal*,17(2):177-182.
- Diplock, A.T., Charleux, J.L., Crozier, W.G., Kok, F.J., Rice, E.C., Roberfroid, M., Stahl, W and JR. Vina. 1998. Functional food science and defence against reactive oxidative species. *Brit. J.*, 80 (Suppl.1), S77-S112.
- Fibriany, F W. 2000. Studi Masa Simpan Pasta Tomat Dalam Kemasan Gelas dan Jerigen Dengan Metode Akselerasi. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Franks, F. 1994. Accelerated stability testing of bioproduct: Attraction and pitfalls. *Trends Biotechnol.*, 12: 114-117.
- Hariyadi, P. 2004. Prinsip penetapan dan pendugaan masa kadaluarsa dan upaya-upaya memperpanjang masa simpan. Modul II. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluarsa Bahan dan Produk Pangan. Bogor, 1-2 Desember 2004.
- Henry, L.K., Catignani, G.L and S.J. Schwartz. 1998. Oxidative degradation kinetics of lycopene, lutein and 9-cis and all-trans α carotene. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75:823-829.
- Hough, G., Garitta, L., and G. Gomez. 2006. Sensory shelf life predictions by survival analysis accelerated storage models. *Food Quality and Preference*, 17(6):468-473.
- Koswara, S dan F. Kusnandar. 2004. Studi Kasus Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluarsa Bahan dan Produk Pangan. Bogor, 1-2 Desember 2004.
- Lee, S.Y and J.M. Krochta. 2002. Accelerated shelf life testing of whey protein coated peanuts analyzed by static headspace Gas Chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 2022-2028.
- Maria, G.C and M. Peleg. 2007. Shelf life estimation from accelerated storage data. *Trend In Food Science & Technology*, 18, 37-47.
- Unadi A, Setyadjit dan E. Sukasih. 2005. Rancang bangun mesin pasteurisasi *puree*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian. Bogor : 877-889.
- Zanoni, B., Pagliarini, E., Giovanelli, G and V. Lavelli. 2001. Modelling the effects of thermal sterilization on the quality of tomato *puree*. *J. Food Eng.*, 56, 203-206.