

Pendugaan Umur Simpan Bakso Kacang Koro Pedang yang Diawetkan dengan Asap Cair Menggunakan Model Arrhenius

Ghina R. U., Yudi Garnida, Yusman Taufik

Universitas Pasundan

e-mail: Utaririzqighina@gmail.com

ABSTRAK

Bakso kacang koro pedang merupakan produk pangan berbasis protein nabati lokal yang memiliki kadar air tinggi sehingga mudah mengalami penurunan mutu selama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk menduga umur simpan bakso kacang koro pedang formulasi optimum Design Expert menggunakan model Arrhenius dengan perlakuan variasi konsentrasi asap cair dan suhu penyimpanan. Bakso direndam dalam asap cair dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30% selama 15 menit, kemudian disimpan pada suhu 25°C, 10°C, dan -10°C. Parameter mutu dianalisis berdasarkan penurunan kadar protein dan jumlah total mikroba. Hasil menunjukkan bahwa konstanta laju reaksi (k) menurun dengan meningkatnya konsentrasi asap cair dan menurun pula pada suhu yang lebih rendah, di mana pada konsentrasi asap cair 30% nilai k sebesar 0,034 hari⁻¹ pada 25°C, 0,019 hari⁻¹ pada 10°C, dan 0,008 hari⁻¹ pada -10°C. Pemodelan Arrhenius menghasilkan energi aktivasi sebesar 6.404,85 kal/mol dan menunjukkan hubungan linier antara $\ln k$ dan $1/T$. Berdasarkan model tersebut, umur simpan bakso kacang koro pedang dengan asap cair 30% mencapai 135,88 hari pada 25°C, 164,21 hari pada 10°C, dan meningkat hingga 386,62 hari pada suhu -10°C, sehingga kombinasi konsentrasi asap cair tinggi dan penyimpanan suhu rendah terbukti paling efektif dalam memperpanjang umur simpan produk.

Kata kunci: Bakso koro pedang, asap cair, umur simpan, model Arrhenius, pengawetan pangan.

ABSTRACT

Jack bean (Canavalia ensiformis) meatballs are a local plant-protein-based food product with high moisture content, making them susceptible to quality deterioration during storage. This study aimed to predict the shelf life of jack bean meatballs formulated using Design Expert by applying the Arrhenius model with different liquid smoke concentrations and storage temperatures. The meatballs were immersed in liquid smoke at concentrations of 10%, 20%, and 30% for 15 minutes and then stored at 25°C, 10°C, and -10°C. Quality parameters were evaluated based on protein degradation and total microbial count. The results showed that the degradation rate constant (k) decreased with increasing liquid smoke concentration and with decreasing storage temperature,

where at 30% liquid smoke the k values were 0.034 day^{-1} at 25°C , 0.019 day^{-1} at 10°C , and 0.008 day^{-1} at -10°C . Arrhenius modeling yielded an activation energy of 6,404.85 cal/mol and demonstrated a linear relationship between $\ln k$ and $1/T$. Based on this model, the shelf life of jack bean meatballs treated with 30% liquid smoke was 135.88 days at 25°C , 164.21 days at 10°C , and increased to 386.62 days at -10°C , indicating that a combination of high liquid smoke concentration and low storage temperature is the most effective strategy for extending product shelf life.

Keywords: Jack bean meatballs, liquid smoke, shelf life, Arrhenius model, food preservation.

ABSTRAK

Bakso kacang koro pedang mangrupa produk pangan dumasar protéin nabati lokal anu miboga kadar cai luhur, sahingga gampang ngalaman panurunan mutu salila panyimpenan. Panalungtikan ieu boga tujuan pikeun ngira-ngira umur simpen bakso kacang koro pedang formulasi optimum tina Design Expert ngagunakeun modél Arrhenius kalayan perlakuan variasi konsentrasi asap cair jeung suhu panyimpenan. Bakso direndem dina asap cair kalayan konsentrasi 10%, 20%, jeung 30% salila 15 menit, tuluy disimpen dina suhu 25°C , 10°C , jeung -10°C . Parameter mutu dianalisis dumasar kana panurunan kadar protéin jeung jumlah total mikroba. Hasil panalungtikan némbongkeun yén konstanta laju karuksakan (k) turun sasuai jeung naékna konsentrasi asap cair sarta turun ogé lamun suhu panyimpenan leuwih handap, dimana dina konsentrasi asap cair 30% nilai k nyaéta $0,034 \text{ poé}^{-1}$ dina 25°C , $0,019 \text{ poé}^{-1}$ dina 10°C , sarta $0,008 \text{ poé}^{-1}$ dina -10°C . Pamodelan Arrhenius ngahasilkeun énergi aktivasi sabesar 6.404,85 kal/mol sarta némbongkeun hubungan linier antara $\ln k$ jeung $1/T$. Dumasar kana modél ieu, umur simpen bakso kacang koro pedang kalayan asap cair 30% ngahontal 135,88 poé dina 25°C , 164,21 poé dina 10°C , sarta ningkat nepi ka 386,62 poé dina suhu -10°C , ku kituna kombinasi konsentrasi asap cair anu luhur jeung suhu panyimpenan anu handap kabuktian paling éféktif pikeun manjangkeun umur simpen produk.

Kecap konci: Bakso koro pedang, asap cair, umur simpen, modél Arrhenius, pangawetan pangan.

I. PENDAHULUAN

Bakso merupakan salah satu produk pangan yang sangat populer di Indonesia dan umumnya dibuat dari daging sapi dengan tambahan pati. Dalam rangka diversifikasi pangan dan pemanfaatan sumber protein lokal, kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif. Kacang koro pedang memiliki kandungan protein tinggi dan lemak rendah, sehingga potensial digunakan sebagai sumber protein nabati.

Formulasi bakso kacang koro pedang telah dioptimasi menggunakan metode *mixture design* dengan perangkat lunak Design Expert, sehingga diperoleh komposisi optimum berupa tepung koro pedang, daging sapi, tepung mocaf, air es, serta bahan tambahan seperti garam, STPP, dan bumbu. Produk yang dihasilkan memiliki kadar air yang tinggi ($\pm 70\%$), sehingga rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme dan memiliki umur simpan yang relatif singkat. Salah satu metode pengawetan alami yang banyak dikembangkan adalah penggunaan asap cair. Asap cair mengandung senyawa fenol, asam, dan karbonil yang memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan, sehingga mampu memperlambat kerusakan pangan. Untuk mengetahui efektivitas

pengawetan tersebut, diperlukan metode kuantitatif untuk menduga umur simpan, salah satunya melalui model Arrhenius yang mengaitkan laju penurunan mutu dengan suhu penyimpanan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Formulasi

Bakso kacang koro pedang dibuat berdasarkan formulasi optimum hasil optimasi Design Expert, yang terdiri dari tepung kacang koro pedang, daging sapi, tepung mocaf, air es, STPP, garam, merica, dan bawang putih.

B. Perlakuan Asap Cair

Bakso yang telah dibentuk direndam dalam asap cair grade pangan dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30% selama 15 menit. Asap cair dimurnikan menggunakan arang aktif untuk mengurangi aroma dan warna yang kurang diinginkan.

C. Penyimpanan

Sampel bakso kemudian disimpan pada tiga kondisi suhu, yaitu 10°C (refrigerasi), 25°C (suhu ruang), dan 35°C (suhu dipercepat). Pengamatan mutu dilakukan setiap hari.

D. Analisis Umur Simpan

Parameter mutu kimia, fisik, dan organoleptik dianalisis selama penyimpanan. Data

perubahan mutu diplot terhadap waktu untuk memperoleh konstanta laju reaksi (k). Model Arrhenius digunakan untuk menggambarkan hubungan antara suhu dan laju penurunan mutu:

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

Umur simpan ditentukan dari waktu yang diperlukan hingga parameter mutu mencapai nilai kritis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Formulasi Terbaik Bakso Kacang Koro Pedang

Formulasi bakso kacang koro pedang yang digunakan pada tahap pengujian umur simpan diperoleh melalui optimasi menggunakan perangkat lunak Design Expert (DX 7). Dari 28 solusi formulasi terbaik, hanya satu formulasi yang dipilih sebagai formulasi optimum. Formulasi tersebut terdiri dari 36,187% tepung kacang koro pedang, 10,261% daging sapi, 5,314% tepung mocaf, 1,847% garam, 0,558% STPP, 44,134% air es, 0,587% merica, dan 1,112% bawang putih sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

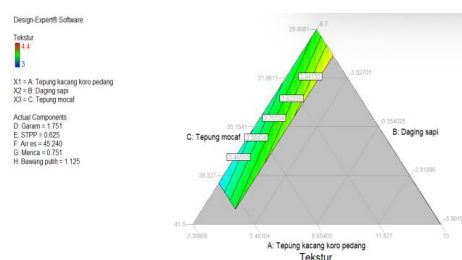
Number	Tepung kacang	Daging sapi	Tepung mocaf	Garam	STPP	Air es	Merica	Bawang putih	Desirability	Selected
1	36.187	10.261	5.314	1.847	0.558	44.134	0.587	1.112	1.000	
2	33.067	12.428	5.908	1.826	0.686	42.977	0.901	1.159	1.000	
3	33.474	9.266	6.054	1.868	0.603	46.696	0.730	1.179	1.000	
4	30.210	10.710	5.546	1.774	0.677	49.158	0.867	1.159	1.000	
5	32.537	10.849	5.895	1.648	0.735	42.150	0.966	1.159	1.000	
6	33.070	10.872	5.737	1.802	0.647	45.585	0.936	1.159	1.000	
7	35.369	7.846	5.774	1.692	0.660	46.637	0.845	1.149	1.000	
8	32.210	13.329	5.775	1.687	0.621	44.008	0.922	1.238	1.000	
9	32.213	11.814	5.743	1.794	0.544	45.922	0.949	1.131	1.000	
10	35.263	10.486	6.153	1.583	0.617	42.968	0.826	1.034	1.000	
11	37.886	8.272	5.148	1.634	0.570	44.608	0.686	1.177	1.000	
12	31.605	13.366	6.595	1.791	0.575	44.161	0.680	1.207	1.000	
13	36.919	14.386	5.720	1.835	0.663	44.443	0.826	1.156	1.000	
14	31.155	12.179	6.473	1.694	0.726	45.549	0.926	1.088	1.000	
15	34.917	10.389	6.216	1.693	0.665	44.136	0.885	1.119	1.000	
16	34.263	10.162	5.818	1.664	0.553	45.811	0.605	1.124	1.000	
17	35.419	12.082	5.426	1.633	0.641	42.861	0.814	1.123	1.000	
18	31.789	11.227	6.380	1.723	0.626	48.230	0.851	1.164	1.000	
19	28.162	14.564	5.913	1.778	0.690	46.905	0.949	1.038	1.000	
20	34.827	11.089	6.134	1.748	0.629	43.951	0.509	1.013	1.000	
21	36.876	9.485	5.735	1.584	0.540	43.921	0.662	1.117	1.000	
22	32.147	12.470	5.675	1.772	0.738	45.110	0.843	1.246	1.000	
23	31.559	12.157	5.956	1.746	0.611	46.080	0.718	1.233	1.000	
24	33.470	10.311	6.910	1.691	0.703	44.565	0.794	1.236	1.000	
25	33.416	10.239	6.158	1.845	0.648	45.672	0.871	1.201	1.000	
26	34.339	8.650	6.460	1.800	0.691	45.353	0.828	1.242	1.000	
27	36.353	10.683	5.824	1.812	0.554	43.015	0.583	1.095	1.000	
28	36.787	10.093	6.481	1.759	0.593	42.487	0.696	1.124	1.000	

Gambar 1. Solusi 28 Formulasi Terbaik Menurut DX 7

B. Karakteristik Tekstur Formulasi Terbaik

Tekstur merupakan salah satu parameter utama penerimaan bakso. Hasil uji organoleptik terhadap formulasi terbaik menunjukkan bahwa tekstur berada pada kisaran nilai yang diterima panelis.

Nilai rata-rata uji hedonik tekstur sebesar 3,94 dengan simpangan baku 0,33, yang memenuhi kriteria batasan DX 7 (nilai 3–4,4). Hasil ini ditunjukkan pada Gambar 2.

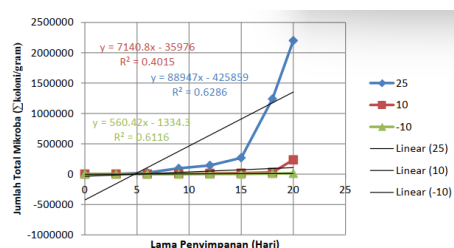


Gambar 2. Model Grafik Uji Organoleptik Tekstur

C. Perubahan Jumlah Mikroba Selama Penyimpanan

Jumlah total mikroba meningkat seiring bertambahnya suhu dan lama penyimpanan. Grafik perubahan jumlah total mikroba pada bakso kacang koro pedang yang direndam dengan asap cair 10%, 20%, dan 30%.

Sebagai contoh, pada konsentrasi asap cair 20% (Gambar 3), jumlah mikroba meningkat dari $1,84 \times 10^3$ koloni/gram (hari ke-0) menjadi $2,20 \times 10^5$ koloni/gram (hari ke-20) pada suhu 25°C, sedangkan pada suhu -10°C kenaikannya jauh lebih rendah, yaitu hanya sampai $1,44 \times 10^4$ koloni/gram.



Gambar 3. Grafik Hasil Analisis Jumlah Total Mikroba Bakso Kacang Koro Pedang dengan Konsentrasi Asap Cair 20% Selama Penyimpanan Pada Suhu yang Berbeda

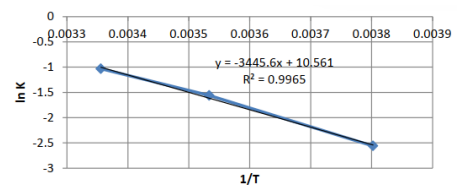
D. Kinetika Kerusakan dan Plot Arrhenius

Nilai konstanta laju reaksi (k) dihitung dari regresi linier antara jumlah total mikroba dan waktu penyimpanan pada setiap suhu. Selanjutnya nilai $\ln(k)$ diplot

terhadap $1/T$ untuk memperoleh hubungan Arrhenius.

Plot Arrhenius untuk konsentrasi asap cair 10%, 20%, dan 30%. Semua grafik menunjukkan hubungan linier antara $\ln(k)$ dan $1/T$, yang menandakan bahwa kinetika kerusakan mengikuti model Arrhenius.

Untuk konsentrasi asap cair 30%, diperoleh energi aktivasi sebesar 6.404,85 kal/mol, yang menunjukkan bahwa proses degradasi protein dan pertumbuhan mikroba sangat dipengaruhi oleh suhu.



Gambar 4. Grafik Hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ Berdasarkan Jumlah Total Mikroba Bakso Kacang Koro Pedang dengan Penambahan Asap Cair 30%

E. Implikasi terhadap Umur Simpan

Berdasarkan model Arrhenius dan persamaan Labuza, umur simpan bakso kacang koro pedang dihitung menggunakan indikator penurunan kadar protein. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asap cair dan penurunan suhu secara

signifikan memperpanjang umur simpan.

Pada konsentrasi asap cair 30%, umur simpan yang diperoleh adalah 135,88 hari pada 25°C, 164,21 hari pada 10°C, dan mencapai 386,62 hari pada -10°C. Sebaliknya, pada konsentrasi asap cair 10%, umur simpan hanya 115,40 hari pada 25°C dan 162,67 hari pada -10°C.

IV. KESIMPULAN

Bakso kacang koro pedang formulasi optimum hasil Design Expert menghasilkan produk dengan karakteristik fisik dan sensorik yang dapat diterima, khususnya dari aspek tekstur. Berdasarkan analisis kinetika penurunan kadar protein sebagai indikator mutu, konstanta laju reaksi (k) meningkat seiring kenaikan suhu dan menurun dengan bertambahnya konsentrasi asap cair, di mana pada konsentrasi asap cair 30% nilai k turun dari 0,034 hari⁻¹ pada 25°C menjadi 0,019 hari⁻¹ pada 10°C dan 0,008 hari⁻¹ pada -10°C. Pemodelan Arrhenius menunjukkan hubungan linier antara $\ln k$ dan $1/T$ dengan energi aktivasi sebesar 6.404,85 kJ/mol, yang membuktikan bahwa mekanisme penurunan mutu bersifat termal dan dapat dimodelkan secara matematis. Berdasarkan perhitungan umur

simpan, produk dengan asap cair 30% memiliki umur simpan terpanjang, yaitu 135,88 hari pada 25°C, 164,21 hari pada 10°C, dan mencapai 386,62 hari pada suhu -10°C, sehingga kombinasi konsentrasi asap cair tinggi dan penyimpanan suhu rendah terbukti paling efektif dalam memperpanjang umur simpan bakso kacang koro pedang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak laboratorium dan institusi yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ghina, Yudi, dan Yusman, "Formulasi dan Karakterisasi Bakso Kacang Koro Pedang Menggunakan Design Expert," 2014.
- [2] F. G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*, Jakarta: Gramedia, 1997.
- [3] R. Swastawati, "Asap cair sebagai bahan pengawet alami pada produk pangan," *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, vol. 11, no. 2, pp. 65–72, 2008.
- [4] A. Syarif dan H. Halid, *Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan*, Jakarta: UI Press, 1993.
- [5] S. Budijanto, R. Hasbullah, dan S. Prabawati, "Karakteristik dan keamanan asap cair tempurung kelapa," *Jurnal Teknologi Industri Pangan*, vol. 19, no. 2, pp. 83–90, 2008.
- [6] J. W. Girard, *Smoking in Food Processing*, New York: CRC Press, 1992.
- [7] M. Pszczola, "Tour highlights

production and uses of smoke-based flavors,” *Food Technology*, vol. 49, no. 1, pp. 70–74, 1995.

[8] S. Soeparno, *Ilmu dan Teknologi Daging*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1992.

[9] B. Lawrie, *Meat Science*, 6th ed., Oxford: Pergamon Press, 1995.

[10] W. Buckle, R. A. Edwards, G. H. Fleet, and M. Wootton, *Ilmu Pangan*, Jakarta: UI Press, 1987.

[11] R. Wibowo, *Teknologi Pengolahan Bakso*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2006.

[12] R. Melanti, “Karakteristik fisik dan kimia tepung kacang koro,” *Jurnal Pangan*, vol. 20, no. 3, pp. 215–222, 2011.

[13] Ratnaningsih, “Senyawa antinutrisi pada kacang-kacangan,” *Jurnal Teknologi Pangan*, vol. 13, no. 1, pp. 45–52, 2002.

[14] Kurniawan dan Ade, “Potensi kacang koro pedang sebagai sumber protein nabati,” *Jurnal Agronomi Indonesia*, vol. 35, no. 2, pp. 120–128, 2007.

[15] J. Jalal, “Karakteristik kimia dan fisik tepung mocaf,” *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 12, no. 1, pp. 33–40, 2011.

[16] Ockermann, *Quality Control of Postmortem Muscle Tissue*, Ohio: Ohio State Univ. Press, 1983.

[17] Dewanti, “Peranan fosfat dalam produk daging olahan,” *Jurnal Ilmu Pangan*, vol. 8, no. 2, pp. 56–63, 2009.

[18] S. Prananta, *Pengawetan Pangan dengan Asap Cair*, Jakarta: Kanisius, 2005.

[19] R. Zuraida, “Pengaruh asap cair terhadap mutu bakso ikan selama penyimpanan dingin,” *Jurnal Perikanan*, vol. 10, no. 1, pp. 12–19, 2008.

[20] Abustom, “Pengaruh konsentrasi

asap cair terhadap mutu bakso selama penyimpanan,” *Jurnal Teknologi Hasil Ternak*, vol. 6, no. 2, pp. 88–95, 2014.

[21] Herawati, “Penentuan titik kritis umur simpan pangan kering,” *Jurnal Ilmu Pangan*, vol. 14, no. 2, pp. 101–109, 2008.

[22] S. Fardiaz, *Mikrobiologi Pangan*, Jakarta: Raja Grafindo Persada, 1997.

[23] Effendi, *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*, Bandung: Alfabeta, 2012.

[24] S. Nirwana, “Pendugaan umur simpan produk pangan dengan model Arrhenius,” *Jurnal Agroindustri*, vol. 5, no. 1, pp. 44–51, 1994.