



Analisis Rendang Daging Sapi dan Daging Babi Hutan Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR Kombinasi Kemometrik untuk Autentikasi Halal

(Analysis of beef rendang and wild boar meat using FTIR spectroscopy method in combination of chemometrics for halal authentication)

Regina Andayani*, Ditya Kesumaningrum, Tadzkiya Nisa, Elidahanum Husni, Suryati, Syofyan, & Dachriyanus

Fakultas Farmasi Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Padang Sumatera Barat, Indonesia

ABSTRACT: Rendang is one of West Sumatra's traditional foods made from processed beef. The high price of beef encourages counterfeiting using wild boar meat. This study aims to analyze adulterated beef rendang with wild boar meat using FTIR spectroscopy in combination with chemometrics for halal authentication. The sample used were a mixture of beef and boar meat made in 11 concentrations (training data set) and restaurant rendang (testing data set). The rendang fat component was extracted using the Folch and Bligh Dyer methods and then analyzed by FTIR spectroscopy. The resulting FTIR spectra were used as a chemometric modelling variable. To group rendang, a discriminant analysis (DA) model was used. Folch's method on wave numbers 1800-1600 cm^{-1} and 1250-950 cm^{-1} , and the Bligh Dyer method on wave numbers 1800-650 cm^{-1} . For quantification purposes, the Folch method uses the partial least squares (PLS) model at wave numbers 1250-950 cm^{-1} with a calibration R^2 value of 0.9946, predicted R^2 of 0.9954, RMSEC 0.0328, RMSEP 0.0402. Meanwhile, the Bligh Dyer method uses a principle component regression (PCR) model at wave numbers 1800-500 cm^{-1} with a calibration R^2 value of 0.9940, predicted R^2 of 0.9919, RMSEC 0.0345, and RMSEP 0.0457. The results showed that the chemometric combination FTIR spectroscopy method was a fast, simple and inexpensive screening method for halal authentication in the analysis of beef rendang and wild boar meat.

Keywords: authentication; beef rendang; wild boar; FTIR; chemometrics.

ABSTRAK: Rendang merupakan salah satu makanan tradisional Sumatera Barat dari olahan daging sapi. Harga daging sapi yang mahal, mendorong pemalsuan menggunakan daging babi hutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rendang daging sapi yang dipalsukan dengan daging babi hutan menggunakan spektroskopi FTIR kombinasi kemometrik untuk autentikasi halal. Sampel yang digunakan adalah campuran daging sapi dan babi hutan yang dibuat dalam 11 konsentrasi (*training data set*) serta rendang rumah makan (*testing data set*). Komponen lemak rendang diekstraksi menggunakan metode Folch dan Bligh Dyer kemudian dianalisis dengan spektroskopi FTIR. Spektra FTIR yang dihasilkan digunakan sebagai variabel pemodelan kemometrik. Untuk tujuan pengelompokan rendang digunakan model *discriminant analysis (DA)*. Metode Folch pada bilangan gelombang 1800-1600 cm^{-1} dan 1250-950 cm^{-1} , dan metode Bligh Dyer pada bilangan gelombang 1800-650 cm^{-1} . Untuk tujuan kuantifikasi, metode Folch menggunakan model *partial least square (PLS)* pada bilangan gelombang 1250-950 cm^{-1} dengan nilai R^2 kalibrasi 0,9946, R^2 prediksi 0,9954, RMSEC 0,0328, RMSEP 0,0402. Sedangkan metode Bligh Dyer menggunakan model *principle component regression (PCR)* pada bilangan gelombang 1800-500 cm^{-1} dengan nilai R^2 kalibrasi 0,9940, R^2 prediksi 0,9919, RMSEC 0,0345, RMSEP 0,0457. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode spektroskopi FTIR kombinasi kemometrik merupakan metode *screening* yang cepat, sederhana dan akurat untuk autentikasi halal pada analisis rendang daging sapi dan daging babi hutan.

Kata kunci: autentikasi; rendang sapi; babi hutan; FTIR; kemometrik.

Pendahuluan

Rendang merupakan makanan tradisional Sumatera Barat yang terbuat dari daging sapi yang dimasak dengan santan dan rempah [1]. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh *Cable News Network* pada tahun 2011 dan 2017, rendang menduduki posisi pertama sebagai makanan terenak di dunia [2]. Cita rasa dan aroma yang khas dari rendang menjadikannya sebagai salah satu makanan yang

banyak diminati masyarakat.

Tingginya minat konsumsi masyarakat akan rendang daging sapi menyebabkan permintaan rendang daging sapi dipasaran meningkat. Akan tetapi, mahalnya harga daging sapi dan suplai yang tak terkendali, mendorong para produsen untuk melakukan pengoplosan daging sapi menggunakan daging yang lebih murah seperti daging babi

Article history

Received: 08 April 2023

Accepted: 11 April 2023

Published: 30 April 2023

Access this article



*Corresponding Author: Regina Andayani

Fakultas Farmasi Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Padang Sumatera Barat, Indonesia, 255175 | Email: uniregina74@gmail.com

hutan. Daging babi hutan memiliki penampilan dan karakteristik yang mirip dengan daging sapi [3]. Namun, daging babi termasuk salah satu daging non halal yang dilarang untuk dikonsumsi oleh beberapa agama seperti Islam dan Yahudi. Kedua agama tersebut melarang konsumsi daging babi dalam produk apapun. Pengharaman babi memberikan banyak manfaat karena babi dapat menyebabkan penyakit hiperkolesterolemia dan jantung koroner [4]. Oleh sebab itu dibutuhkan metode yang cepat dan akurat untuk mengidentifikasi adanya kandungan daging babi hutan dalam rendang.

Metode analisis telah dikembangkan dan divalidasi untuk autentikasi produk makanan dengan bahan dasar daging seperti metode berbasis protein yaitu *Enzyme Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) [5], metode berbasis DNA menggunakan *Real Time PCR* [6] dan multiplex PCR (*polymerase chain reaction*) [7], teknik kromatografi gas yang dilengkapi dengan detektor ionisasi nyala, serta spektrometer massa untuk analisis asam lemak dari daging [8]. Namun, metode ini membutuhkan reagen yang mahal dan penyiapan sampel yang rumit [9]. Sehingga dikembangkan metode analisis lemak menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang didasarkan oleh interaksi analit dengan radiasi elektromagnetik di daerah inframerah.

Spektroskopi FTIR banyak digunakan untuk analisis keaslian lemak karena sifatnya sebagai sidik jari [10]. Selain itu, spektroskopi FTIR merupakan teknik analisis yang *non-destructive* (tidak merusak), sampel yang digunakan sedikit, penyiapan sampel yang mudah dan sensitif [11], dan tidak perlu ada perlakuan khusus terhadap sampel [12]. Spektroskopi FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik merupakan metode yang menjanjikan dalam autentikasi makanan. Untuk analisa pemalsuan dapat menerapkan teknik sidik jari dari spektrum IR karena tidak ada dua senyawa yang berbeda memiliki spektrum IR yang sama [13]. Penggabungan analisis data multivariat dengan spektra FTIR telah berhasil diterapkan untuk analisis pemalsuan produk berbasis daging dengan menganalisis komponen lemak menggunakan metode ekstraksi Folch, dan Bligh Dyer [14,15]. Kemometrik adalah metode analisis yang menggabungkan ilmu matematika dan statistik untuk mengolah data multivariat. Kemometrik mampu mengolah ratusan hingga ribuan data yang diperoleh dari berbagai instrumen seperti spektroskopi FTIR, HPLC, GC-MS dan LC-HRMS [16]. Adapun metode kemometrik yang sering digunakan dalam analisis obat atau makanan diantaranya metode kemometrik pengelompokan seperti *principle component analysis* (PCA) dan *discriminant analysis* (DA), serta teknik analisis kuantitatif dengan kalibrasi multivariat

seperti *partial least square* (PLS) dan *principle component regression* (PCR) [17].

Kombinasi spektroskopi FTIR dan kemometrik dilaporkan berhasil mengautentikasi bakso sapi dari daging babi [18], daging babi hutan [10], daging tikus [9], daging anjing [19], sosis sapi dari daging babi hutan [20], dendeng sapi dari daging babi [4], kerupuk kulit dari kulit babi [21], dan sebagainya. Namun, penggunaan metode spektroskopi FTIR kombinasi kemometrik untuk analisis pemalsuan rendang daging sapi belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan autentikasi kehalalan rendang daging sapi dan daging babi hutan menggunakan teknik analisis spektroskopi FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik klasifikasi *discriminant analysis* (DA) dan kalibrasi multivariat *partial Least Square* (PLS), *principle component regression* (PCR) melalui analisis komponen lemak yang diekstrak dari menggunakan dua metode ekstraksi yang berbeda.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Daging babi hutan diperoleh dari pensuplai di Jondul, Kota Padang, Sumatera Barat. Daging sapi dan bumbu diperoleh dari Pasar Raya, Kota Padang, Sumatera Barat. Selain itu, sampel rendang juga diperoleh dari rumah makan di Kota Padang, Sumatera barat. Bahan lain yang digunakan adalah asam klorida (HCl) 1 N, kloroform (pro analisis, Merck), metanol (pro analisis, Merck), natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrat, dan aquades. Untuk analisa FT-IR menggunakan spektrofotometer Inframerah IRTracer-100 Shimadzu®.

Persiapan Rendang

Rendang *training data set* disiapkan dengan mencampurkan daging babi hutan ke dalam daging sapi pada konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%. Tiap konsentrasi rendang mengandung 300 gram daging yang dimasak bersama 250 gram bumbu (cabe, bawang merah, bawang putih, garam, kayu manis, batang serai, daun jeruk, daun kunyit, gula merah, ambu-ambu kelapa) dan 500 ml santan selama 1 jam. Persiapan rendang *training data set* berbagai konsentrasi bertujuan untuk mengamati perbedaan spektrum lemak. Lemak dari rendang (0–100%) diekstraksi menggunakan dua metode ekstraksi lemak yang berbeda, yaitu metode Folch dan Bligh Dyer.

Hidrolisis Asam

Untuk meningkatkan efisiensi dari ekstraksi, dilakukan

hidrolisis asam agar lemak yang terikat pada protein dan karbohidrat terlepas [22]. Daging rendang dicuci bersih dan dihaluskan menggunakan chopper. Sebanyak 20 gram daging rendang halus dihidrolisis menggunakan 200 ml HCl 1 N kemudian dipanaskan selama 30 menit dengan suhu 60 °C, lalu sampel disaring [9].

Ekstraksi Lemak Menggunakan Metode Folch

Ekstraksi lemak dilakukan berdasarkan penelitian Lestari et. Al (2022) [9]. Daging rendang hasil hidrolisis asam diekstraksi menggunakan 400 ml kloroform:metanol (2:1 v/v). Campuran dihomogenisasi menggunakan *magnetic stirrer* (30 menit, 60°C) dengan kecepatan 300 rpm dan disaring dengan kertas saring Whatman. Filtrat dimasukkan ke dalam corong pisah, dicampur dengan 80 ml aquadest, dan dikocok perlahan. Campuran didiamkan sampai terbentuk sistem bifase, fase atas (metanol air) dibuang sedangkan fase bawah (kloroform) ditambah natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrat, dicampur dan disaring menggunakan kertas saring Whatman. Kloroform diuapkan menggunakan *rotary evaporator* (suhu 40 °C) hingga diperoleh ekstrak lemak. Ekstrak lemak dipindahkan ke dalam vial, lalu di *freeze drying* dan disimpan di lemari es (suhu 4-8 °C) sebelum dilakukan pemindaian spektrum IR.

Ekstraksi Lemak Menggunakan Metode Bligh Dyer

Daging rendang hasil hidrolisis asam dicampur dengan pelarut ekstraksi Bligh Dyer sebanyak 150 ml kloroform : metanol (1:2v/v), di aduk pada suhu 60°C selama 30 menit. Campuran disaring dengan kertas saring. Seluruh filtrat dikumpulkan dalam corong pisah dan dicampurkan dengan 100 ml aquadest, lalu dikocok perlahan kemudian didiamkan sehingga terbentuk dua fase. Fase bawah (fase kloroform) dikumpulkan lalu ditambahkan Na_2SO_4 .

Setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman. Fase kloroform diuapkan sehingga diperoleh ekstrak lemak. Ekstrak lemak dipindahkan ke dalam vial, lalu di *freeze drying* dan disimpan di lemari es (suhu 4-8 °C) sebelum dilakukan pemindaian spektrum FTIR.

Pengukuran Spektra FTIR

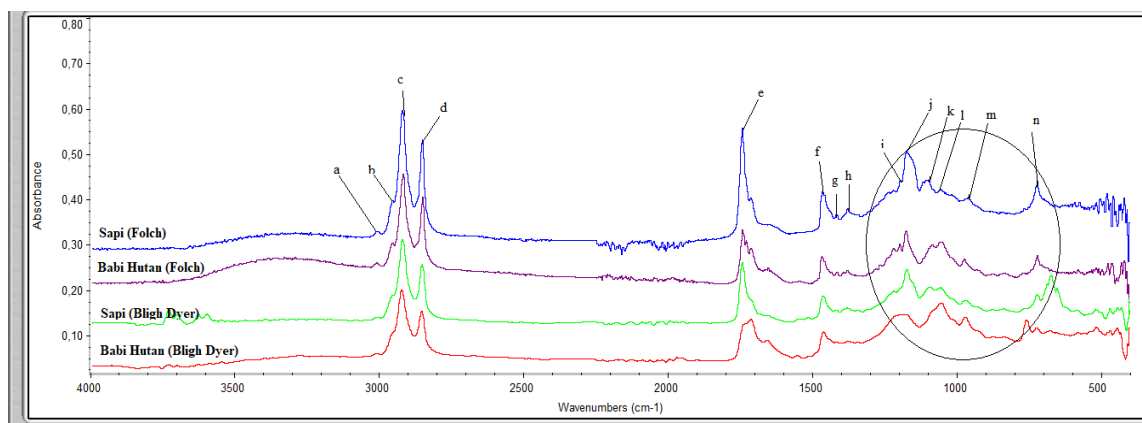
Kristal *attenuated total reflectance* (ATR) dibersihkan menggunakan metanol lalu dikeringkan dengan tisu, kemudian dilakukan scan *background* sebelum pengukuran dan setiap pergantian sampel. Ekstrak lemak langsung diletakkan diatas kristal *attenuated total reflectance* (ATR) dan dipindai menggunakan resolusi 4 cm^{-1} . Spektra FTIR diukur pada daerah IR tengah (4000–400 cm^{-1}) dalam mode absorbansi sebanyak tiga kali.

Analisis Data

Spektra FTIR dari lemak dianalisis kemometrik menggunakan software TQ analyst. Untuk kuantifikasi daging babi hutan dalam rendang daging sapi digunakan metode *partial least square* (PLS) dan *principle component regression* (PCR). Akurasi metode PLS dan PCR dievaluasi dengan koefisien determinasi (R^2) mendekati 1, sedangkan presisi metode dievaluasi dari nilai standar error kalibrasi (*root mean square error of calibration/RMSEC*) dan nilai standar error prediksi (*root mean square error of predict/RMSEP*) mendekati 0. *Discriminant analysis* (DA) digunakan untuk membentuk model klasifikasi rendang daging sapi, babi hutan dan campuran sapi-babi hutan.

Hasil dan Diskusi

Penelitian ini dilakukan dengan mengekstraksi lemak dari rendang menggunakan metode Folch dan Bligh Dyer.



Gambar 1. Spektra FTIR lemak rendang daging sapi dan daging babi hutan

Tabel 1. Gugus fungsi dan model vibrasi dari lemak rendang sapi dan rendang babi hutan

Penandaan	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Vibrasi Gugus Fungsional
a	3006-3008	cis C=CH ulur
b	2954-2955	Vibrasi ulur C-HCH ₃
c dan d	2916-2919	Vibrasi ulur asimetris dan simetris gugus metilen (C-H-CH ₂)
	2849-2853	
e	1712-1742	Gugus fungsi karbonil (C=O) dari ikatan ester triasilgliserol
f	1464-1465	Vibrasi tekuk (scissoring bending) gugus CH ₂
g	1413-1461	Ikatan cis =C-H
h	1377-1378	Vibrasi tekuk (scissoring bending) simetris gugus CH ₃
i	1218-1235	Vibrasi tekuk (scissoring bending) gugus C-HCH ₂
j	1172-1174	Vibrasi tekuk-CH dalam bidang
k	1083-1097	Vibrasi ulur ikatan C-O dari ester
l	1053-1055	
m	960-971	Vibrasi tekuk gugus fungsi CH dari trans-olefin terisolasi
n	719-756	Vibrasi tumpang tindih dari metilen (-CH ₂) dan keluar dari bidang vibrasi dengan distribusi cis

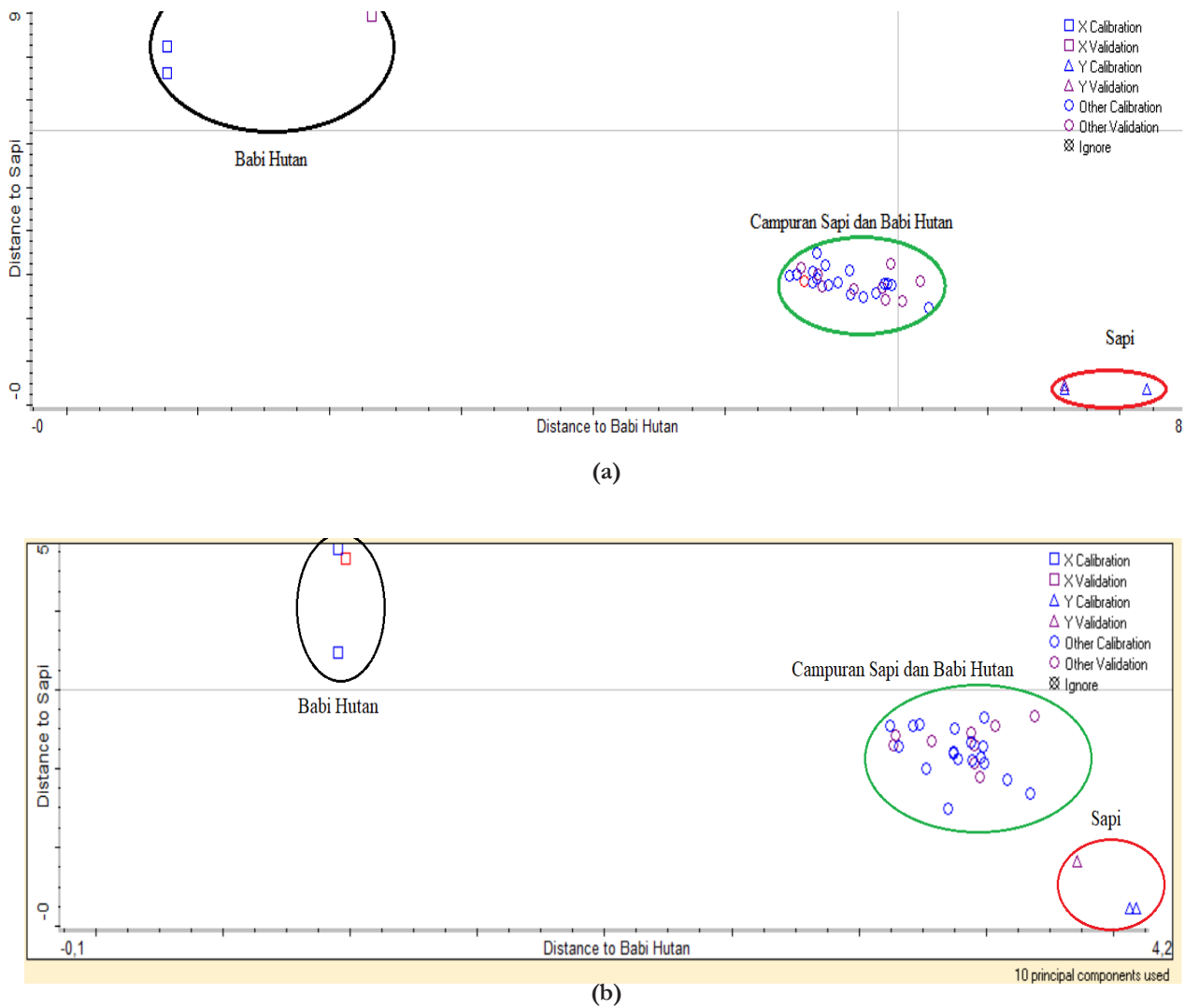
Dari kedua metode ekstraksi tersebut didapatkan ekstrak lemak berwarna kecoklatan. Metode Folch menghasilkan rendemen lemak lebih tinggi dibandingkan metode Bligh Dyer. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan rasio pelarut kloroform-metanol yang digunakan. Rasio pelarut kloroform: metanol yang digunakan pada metode Folch adalah 2:1 v/v sedangkan metode Bligh Dyer 1:2 v/v. Selain itu volume pelarut yang digunakan pada metode Folch lebih banyak dibandingkan metode Bligh Dyer [14]. Perbedaan hasil rendemen mungkin juga disebabkan karena perbedaan kandungan lemak triasilgliserol (TAG). Kandungan lemak yang berbeda ini dipengaruhi oleh cara ekstraksi, bagian hewan yang digunakan, asal hewan dan pakan hewan [23].

Spektrum FTIR menghasilkan pola *fingerprint*/sidik jari yang khas. Tiap lemak tidak ada yang memiliki kesamaan spektrum dalam hal jumlah puncak, intensitas atau bilangan gelombang pada tiap puncak sehingga spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mengekstrak perbedaan antara lemak [13]. Spektrum FTIR diukur pada daerah inframerah tengah yaitu 4000-400 cm⁻¹ karena dapat memberikan informasi yang cukup tentang gugus fungsi dalam lemak. Spektra FTIR lemak rendang daging sapi dan babi hutan yang diekstraksi dengan metode Folch dan Bligh Dyer ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan, bahwa lemak babi dan lemak

sapi memiliki pola spektrum yang mirip yaitu spektrum khas untuk lemak *edible oil*. Hal ini dikarenakan kedua lemak tersebut disusun oleh trigliserida [11,24]. Gugus fungsi dan model vibrasi dari lemak sapi dan babi hutan yang bertanggung jawab dalam penyerapan IR seperti terlihat pada Tabel 1. Penggunaan pendekatan teknik sidik jari untuk autentikasi kehalalan rendang daging sapi dilihat pada perbedaan antara spektrum tersebut yang terlihat pada pergeseran pita serapan (bilangan gelombang). Daerah bilangan gelombang antara 1300-600 cm⁻¹ menjadi ciri khas yang membedakan spektra lemak dari daging sapi dan daging babi hutan

Analisis diskriminan (*discriminant analysis/DA*) sebagai analisis kualitatif dikenal juga sebagai metode pengenalan pola yang terawasi (*supervised pattern recognition*) karena menggunakan 11 konsentrasi rendang *training data set* sebagai objek yang telah diketahui pengelompokannya (sapi, babi hutan dan campuran). Objek-objek tersebut nantinya akan digunakan untuk memprediksi keanggotaan kelompok dari sampel rendang *unknown / testing data set* [13]. Analisis diskriminan menggunakan teknik FTIR didasarkan pada karakteristik lemak [25]. Pengelompokan ini didasari oleh nilai absorpsi setiap puncak dari spektrum lemak pada daerah bilangan gelombang tertentu. Absorpsi tersebut kemudian diubah menjadi jarak Mahalanobis dan digunakan sebagai variabel pengelompokan rendang



Gambar 2. Plot Cooman hasil analisis diskriminan komponen lemak dari rendang *training data set* yang diekstraksi dengan (a) metode Folch dan (b) metode Bligh and Dyer

daging sapi, rendang babi hutan, dan rendang campuran daging sapi-babi hutan untuk membentuk plot Cooman [9]. Gambar 2 menunjukkan pengelompokan lemak dari rendang *training data set* menggunakan metode DA pada bilangan gelombang optimal.

Gambar 2 menunjukkan bahwa metode DA berhasil mengelompokkan lemak dari rendang daging sapi, rendang babi hutan dan rendang campuran sapi babi hutan yang diekstraksi menggunakan metode Folch pada daerah bilangan gelombang 1800-1600 cm^{-1} dan 1250-950 cm^{-1} dengan spektra normal yang menghasilkan tingkat keakuratan 93,2 %. Untuk metode ekstraksi Bligh Dyer, pengelompokan menggunakan metode DA menghasilkan spektra normal pada daerah bilangan gelombang 1800-650 cm^{-1} dengan tingkat keakuratan 91 %. Hasil ini memenuhi

persyaratan untuk memprediksi pengelompokan lemak sapi dan lemak babi dari rendang

Kalibrasi *multivariate partial least square (PLS)* dan *principle component regression (PCR)* merupakan teknik analisis kuantitatif yang paling sering digunakan dalam kemometrik [11]. Parameter statistik yang digunakan sebagai kriteria model kalibrasi multivariat terbaik adalah koefisien determinasi (R^2) yang tinggi antara nilai aktual dan nilai prediksi FTIR untuk evaluasi akurasi dan nilai RMSEC, RMSEP yang rendah untuk evaluasi presisi. Pemilihan kondisi spektra FTIR dioptimalkan pada bilangan gelombang tertentu untuk menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 dan nilai RMSEC dan RMSEP mendekati 0 [9]. Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan hasil analisis PLS dan PCR dari komponen

Tabel 2. Hasil analisis model kalibrasi multivariat PLS dan PCR dari lemak rendang yang diekstraksi menggunakan metode Folch

Panjang gelombang	Kalibrasi multivariat	spektra	Kalibrasi		Prediksi	
			RMSEC	R ²	RMSEP	R ²
1250-950	PLS	Normal	0,209	0,7506	0,190	0,8126
		Turunan pertama	0,0328	0,9946	0,0402	0,9954
		Turunan kedua	0,0460	0,9894	0,114	0,9607
	PCR	Normal	0,0433	0,9906	0,120	0,9360
		Turunan pertama	0,101	0,9480	0,0971	0,9619
		Turunan kedua	0,0908	0,9579	0,130	0,9341
1400-800	PLS	Normal	0,0486	0,9881	0,102	0,9518
		Turunan pertama	0,0185	0,9983	0,0509	0,9901
		Turunan kedua	0,00674	0,9998	0,145	0,9085
	PCR	Normal	0,0495	0,9877	0,115	0,9417
		Turunan pertama	0,0822	0,9657	0,0917	0,9666
		Turunan kedua	0,0693	0,9757	0,147	0,9347
1500-1000	PLS	Normal	0,0229	0,9974	0,101	0,9789
		Turunan pertama	0,0197	0,9981	0,0494	0,9932
		Turunan kedua	0,255	0,5918	0,283	0,4561
	PCR	Normal	0,0578	0,9832	0,136	0,9183
		Turunan pertama	0,0870	0,9614	0,0956	0,9606
		Turunan kedua	0,125	0,9189	0,151	0,9453
1800-500	PLS	Normal	0,159	0,8641	0,117	0,9351
		Turunan pertama	0,170	0,8425	0,210	0,7564
		Turunan kedua	0,0164	0,9987	0,210	0,7727
	PCR	Normal	0,0588	0,9826	0,123	0,9405
		Turunan pertama	0,140	0,9439	0,193	0,8316
		Turunan kedua	0,124	0,9198	0,261	0,5766
2800-1800	PLS	Normal	0,194	0,7891	0,196	0,7996
		Turunan pertama	0,0297	0,9956	0,127	0,9439
		Turunan kedua	0,0529	0,9859	0,125	0,9375
	PCR	Normal	0,0545	0,9851	0,137	0,9263
		Turunan pertama	0,0862	0,9621	0,142	0,9396
		Turunan kedua	0,0928	0,9559	0,127	0,9484
3700-3200	PLS	Normal	0,0461	0,9893	0,154	0,8999
		Turunan pertama	0,0163	0,9987	0,126	0,9197
		Turunan kedua	0,0146	0,9989	0,106	0,9563
	PCR	Normal	0,0764	0,9704	0,152	0,9088
		Turunan pertama	0,0961	0,9527	0,143	0,9052
		Turunan kedua	0,0737	0,9724	0,134	0,9310

Panjang gelombang	Kalibrasi multivariat	spektra	Kalibrasi		Prediksi	
			RMSEC	R ²	RMSEP	R ²
1800-1600 dan 1250-950	PLS	Normal	0,0798	0,9676	0,136	0,9377
		Turunan pertama	0,0634	0,9797	0,0647	0,9828
		Turunan kedua	0,118	0,9208	0,148	0,8880
	PCR	Normal	0,0801	0,9674	0,133	0,9480
		Turunan pertama	0,0493	0,9878	0,0403	0,9928
		Turunan kedua	0,0856	0,9626	0,129	0,9162
3700-3200 dan 1500-1000	PLS	Normal	0,234	0,6738	0,234	0,7009
		Turunan pertama	0,00798	0,9997	0,0803	0,9753
		Turunan kedua	0,0110	0,9994	0,115	0,9611
	PCR	Normal	0,0505	0,9872	0,136	0,9208
		Turunan pertama	0,0492	0,9878	0,0954	0,9655
		Turunan kedua	0,0710	0,9745	0,133	0,9484

Tabel 3. Hasil analisis model kalibrasi multivariat PLS dan PCR dari lemak rendang yang diekstraksi menggunakan metode Bligh Dyer

Panjang gelombang	Kalibrasi multivariat	spektra	Kalibrasi		Prediksi	
			RMSEC	R ²	RMSEP	R ²
1250-950	PLS	Normal	0,257	0,5815	0,263	0,5787
		Turunan pertama	0,0260	0,9966	0,0702	0,9819
		Turunan kedua	0,0245	0,9970	0,114	0,9402
	PCR	Normal	0,102	0,9469	0,284	0,5226
		Turunan pertama	0,0755	0,9710	0,140	0,8997
		Turunan kedua	0,132	0,9081	0,179	0,8257
1400-800	PLS	Normal	0,145	0,8838	0,189	0,8560
		Turunan pertama	0,0334	0,9944	0,0648	0,9879
		Turunan kedua	0,0153	0,9988	0,0659	0,9840
	PCR	Normal	0,0782	0,9690	0,0782	0,9727
		Turunan pertama	0,117	0,9287	0,113	0,9360
		Turunan kedua	0,106	0,9419	0,151	0,8888
1500-1000	PLS	Normal	0,0548	0,9842	0,110	0,9462
		Turunan pertama	0,0393	0,9923	0,0498	0,9949
		Turunan kedua	0,0103	0,9995	0,0500	0,9954
	PCR	Normal	0,129	0,9127	0,158	0,881
		Turunan pertama	0,0805	0,9670	0,109	0,9403
		Turunan kedua	0,0769	0,9700	0,162	0,8738

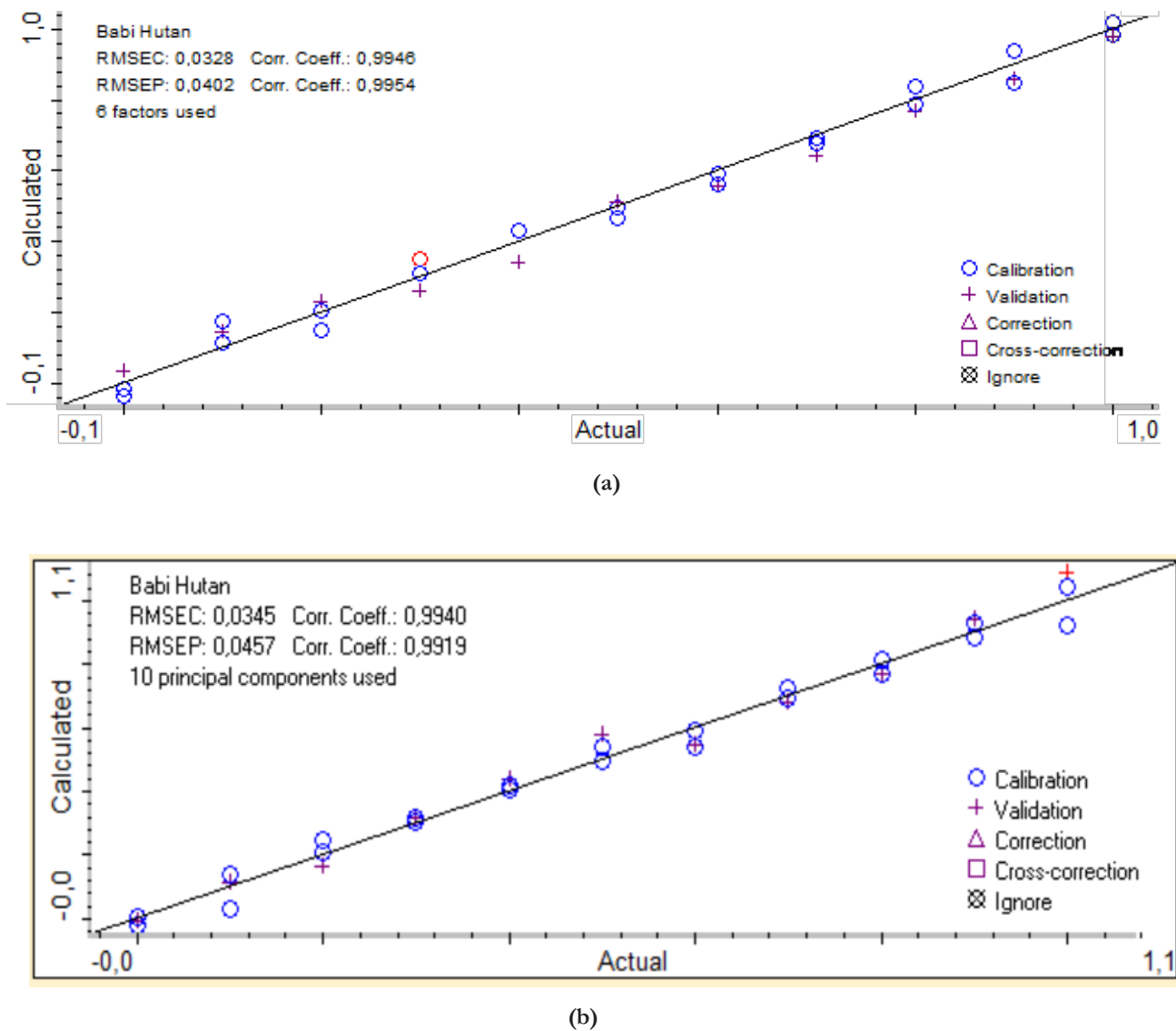
Panjang gelombang	Kalibrasi multivariat	spektra	Kalibrasi		Prediksi	
			RMSEC	R ²	RMSEP	R ²
1800-500	PLS	Normal	0,108	0,9403	0,111	0,9476
		Turunan pertama	0,122	0,9226	0,113	0,9444
		Turunan kedua	0,124	0,9200	0,116	0,9359
		Normal	0,0345	0,9940	0,0457	0,9919
	PCR	Turunan pertama	0,0584	0,9828	0,0652	0,9786
		Turunan kedua	0,0858	0,9625	0,103	0,9508
2800-1800	PLS	Normal	0,0185	0,9982	0,0682	0,9805
		Turunan pertama	0,110	0,9371	0,216	0,8807
		Turunan kedua	0,131	0,9098	0,261	0,7662
	PCR	Normal	0,0654	0,9784	0,135	0,9199
		Turunan pertama	0,205	0,7623	0,210	0,9145
		Turunan kedua	0,176	0,8302	0,309	0,2139
3700-3200	PLS	Normal	0,0208	0,9977	0,0730	0,9845
		Turunan pertama	0,00770	0,9997	0,0761	0,9818
		Turunan kedua	0,0662	0,9778	0,0854	0,9917
	PCR	Normal	0,0903	0,9583	0,113	0,9491
		Turunan pertama	0,132	0,9086	0,172	0,8470
		Turunan kedua	0,117	0,9288	0,192	0,7955
1800-1600 dan 1250-950	PLS	Normal	0,0227	0,9974	0,0886	0,9799
		Turunan pertama	0,0449	0,9899	0,0866	0,9916
		Turunan kedua	0,0299	0,9955	0,0728	0,9861
	PCR	Normal	0,0824	0,9655	0,211	0,7683
		Turunan pertama	0,0471	0,9889	0,122	0,9372
		Turunan kedua	0,0755	0,9711	0,174	0,8921
3700-3200 dan 1500-1000	PLS	Normal	0,127	0,9163	0,145	0,9050
		Turunan pertama	0,0162	0,9987	0,0703	0,9836
		Turunan kedua	0,0173	0,9985	0,0772	0,9839
	PCR	Normal	0,0943	0,9545	0,124	0,9330
		Turunan pertama	0,102	0,9467	0,121	0,9281
		Turunan kedua	0,153	0,8746	0,177	0,8436

lemak yang diekstraksi dari rendang daging sapi-babi hutan menggunakan dua metode ekstraksi.

Berdasarkan [Tabel 2](#) diatas, model terbaik dari lemak rendang yang diekstraksi dengan metode Folch terbentuk pada metode PLS di daerah bilangan gelombang 1250-950 cm⁻¹ menggunakan spektra turunan pertama, dengan nilai R² kalibrasi dan prediksi sebesar 0,9946 dan 0,9954 serta nilai RMSEC dan RMSEP sebesar 0,0328 dan 0,0402.

Untuk lemak yang diekstraksi menggunakan metode Bligh Dyer ([Tabel 3](#)), hasil optimasi didapatkan pada metode PCR dengan spektra normal pada bilangan gelombang 1800-500 cm⁻¹ dengan nilai R² kalibrasi dan prediksi sebesar 0,9940 dan 0,9919 serta nilai RMSEC dan RMSEP sebesar 0,0345 dan 0,0457.

[Gambar 3](#) menunjukkan korelasi antara nilai aktual (sumbu X) dan nilai prediksi FTIR (sumbu Y) dari lemak



Gambar 3. Korelasi antara nilai aktual dan prediksi dari lemak rendang *training data set* menggunakan (a) metode PLS di daerah bilangan gelombang 1250-950 cm^{-1} dan (b) metode PCR di daerah bilangan gelombang 1800-500 cm^{-1}

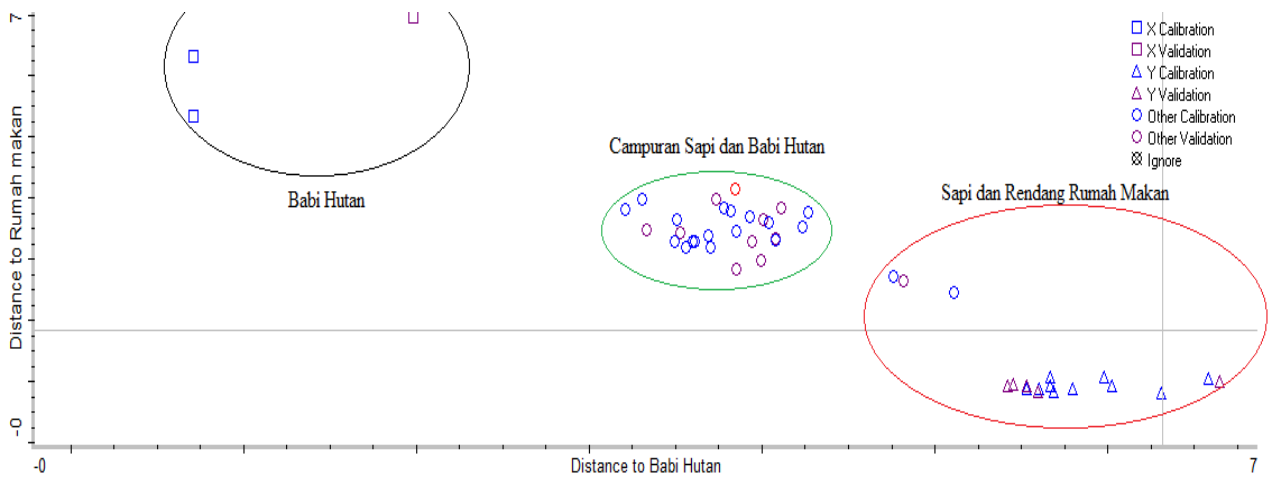
rendang yang diekstraksi dengan metode Folch dan metode Bligh Dyer.

Gambar 3 di atas membentuk korelasi linear antara nilai aktual dan nilai prediksi FTIR dari lemak rendang karena menghasilkan nilai R^2 yang tinggi (mendekati 1). Nilai RMSEC dan RMSEP yang rendah menunjukkan model yang terbentuk semakin baik karena *error* (kesalahan) yang rendah. Hasil ini sesuai dengan penelitian terdahulu tentang kuantifikasi lemak tikus dan sapi pada produk bakso, dimana diperoleh bilangan gelombang terbaik untuk kuantifikasi yaitu 1500 – 1000 cm^{-1} dengan nilai R^2 0.9975, RMSEC 0.0202 untuk kalibrasi dan R^2 0.9937

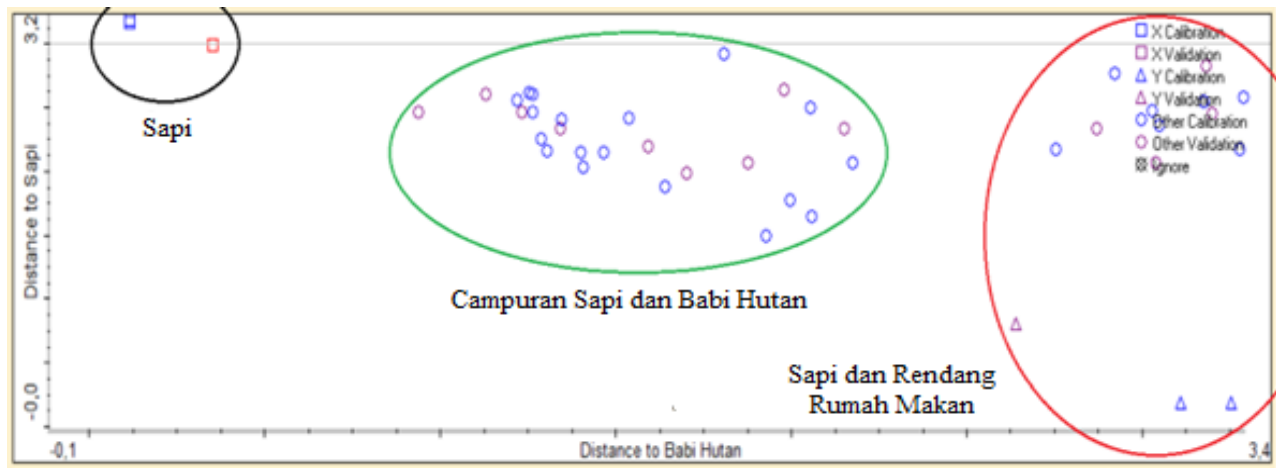
RMSEP 0.051 untuk prediksi [9].

Lima sampel rendang rumah makan (*testing data set*) diperoleh dari rumah makan di Kota Padang. Spektra FTIR sampel dianalisis pada model klasifikasi DA dalam bilangan gelombang yang optimal yaitu model DA untuk metode ekstraksi Folch di daerah gabungan bilangan gelombang 1800-1600 cm^{-1} dan 1250-950 cm^{-1} serta model DA untuk metode ekstraksi Bligh Dyer di daerah bilangan gelombang 1800-650 cm^{-1} . Hasil analisis klasifikasi sampel tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa kelima sampel rendang *testing data set* (rendang rumah makan) baik yang



(a)



(b)

Gambar 4. Plot Cooman hasil analisis diskriminan dari komponen lemak rendang *training data set* dan rendang *testing data set* yang diekstraksi (a) metode Folch dan (b) metode Bligh and Dyer

diekstraksi menggunakan metode Folch ataupun Bligh Dyer berada pada kelas sapi, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel rendang rumah makan (*testing data set*) tersebut tidak mengandung daging babi hutan.

Kesimpulan

Spektroskopi FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik adalah metode *screening* yang cepat, sederhana dan murah untuk analisis rendang daging sapi dan daging babi hutan untuk autentikasi halal. Model *discriminant analysis* (DA) berhasil mengklasifikasikan lemak sapi dan lemak babi hutan dalam produk rendang. Model *partial least square* (PLS) dan *principle component regression* (PCR)

untuk kuantifikasi menunjukkan hasil yang akurat. Hasil analisis sampel rendang rumah makan pada kedua metode ekstraksi Folch dan Bligh Dyer menunjukkan semua sampel tidak mengandung daging babi hutan.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Universitas Andalas atas pembiayaan yang diberikan sesuai dengan kontrak skim penelitian dasar unggulan kluster riset-publikasi percepatan guru besar (PDU-KRP2GB-Unand) Nomor : 22/UN16.19/PT.01.03/KO-PDU-KRP2GB-Unand/2023 tahun anggaran 2023.

Referensi

- [1]. Nurmufida M, Wangrimen GH, Reinalta R, Leonardi K. Rendang: The treasure of Minangkabau. *J Ethn Foods*. 2017;4(4):232–5. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2017.10.005>
- [2]. World's 50 best foods: Reader's choice | CNN [Internet]. [cited 2023 Mar 4]. Available from: <http://edition.cnn.com/travel/article/world-best-foods-readers-choice/index.html>
- [3]. Novianty E, Kartikasari LR, Lee JH, Cahyadi M. Identification of pork contamination in meatball using genetic marker mitochondrial DNA cytochrome b gene by duplex-PCR. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2017;193(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012002>
- [4]. Kuswandi B, Putri FK, Gani AA, Ahmad M. Application of class-modelling techniques to infrared spectra for analysis of pork adulteration in beef jerkys. *J Food Sci Technol*. 2015;52(12):7655–68. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1882-4>
- [5]. Chen X, Ran D, Zeng L, Xin M. Immunoassay of cooked wild rat meat by ELISA with a highly specific antibody targeting rat heat-resistant proteins. *Food Agric Immunol*. 2020;31(1):533–44. <https://doi.org/10.1080/09540105.2020.1740180>
- [6]. Widayarsi YI, Sudjadi, Rohman A. Detection of rat meat adulteration in meat ball formulations employing real time PCR. *Asian J Anim Sci*. 2015;9(6):460–5. <https://doi.org/10.3923/ajas.2015.460.465>
- [7]. Cahyadi M, Wibowo T, Pramono A, Abdurrahman ZH. A novel multiplex-pcr assay to detect three non-halal meats contained in meatball using mitochondrial 12s rna gene. *Food Sci Anim Resour*. 2020;40(4):628–35. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e40>
- [8]. Guntarti A, Gandjar IG, Jannah NM. Authentication of wistar rat fats with gas chromatography mass spectrometry combined by chemometrics. *Potravin Slovak J Food Sci*. 2020;14(October 2019):52–7. <https://doi.org/10.5219/122910.5219/1229>
- [9]. Lestari D, Rohman A, Syofyan S, Yuliana ND, Abu Bakar NKB, Hamidi D. Analysis of beef meatballs with rat meat adulteration using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy in combination with chemometrics. *Int J Food Prop*. 2022;25(1):1446–57. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2083637>
- [10]. Guntarti A, Martono S, Yuswanto A, Rohman A. FTIR spectroscopy in combination with chemometrics for analysis of wild boar meat in meatball formulation. *Asian J Biochem*. 2015;10(4):165–72. <https://doi.org/10.3923/ajb.2015.165.172>
- [11]. Sudjadi, Rohman A. Analisis Derivat Babi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press; 2018.
- [12]. Irnawati I, Ruslin, Prima E, Zaeni Ahmad. Autentikasi Halal : Aplikasi Spektroskopi FTIR Kombinasi Kemometrika untuk Analisis Lemak Babi dalam Campuran Biner dengan Lemak Sapi. *Indones J Chemom Pharm Anal*. 2021;1(2):102–9.
- [13]. Rohman A. Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika Untuk Analisis Farmasi. Yogyakarta: Pustaka Balajar; 2014.
- [14]. Saini RK, Prasad P, Shang X, Keum YS. Advances in lipid extraction methods—a review. *Int J Mol Sci*. 2021;22(24):1–19. <https://doi.org/10.3390/ijms222413643>
- [15]. Rahayu WS, Martono S, Sudjadi, Rohman A. The potential use of infrared spectroscopy and multivariate analysis for differentiation of beef meatball from dog meat for Halal authentication analysis. *J Adv Vet Anim Res*. 2018;5(3):307–14. <https://doi.org/10.5455/javar.2018.e281>
- [16]. Windarsih A, Riswanto FDO, Bakar NKA, Yuliana ND, Dachriyanus, Rohman A. Detection of Pork in Beef Meatballs Using LC-HRMS Based Untargeted Metabolomics and Chemometrics for Halal Authentication. *Molecules*. 2022;27(23):1–14. <https://doi.org/10.3390/molecules27238325>
- [17]. Maritha V, Harlina PW, Musfiroh I, Gazzali AM, Muchtaridi M. The Application of Chemometrics in Metabolomic and Lipidomic Analysis Data Presentation for Halal Authentication of Meat Products. *Molecules*. 2022;27(21):7571. <https://doi.org/10.3390/molecules27217571>
- [18]. Rohman A, Himawati A, Triyana K, Sismindari, Fatimah S. Identification of pork in beef meatballs using Fourier transform infrared spectrophotometry and real-time polymerase chain reaction. *Int J Food Prop*. 2017;20(3):654–61. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1174940>
- [19]. Rahayu WS, Rohman A, Martono S, Sudjadi. Application of FTIR spectroscopy and chemometrics for halal authentication of beef meatball adulterated with dog meat. *Indones J Chem*. 2018;18(2):376–81. <https://doi.org/10.22146/ijc.27159>
- [20]. Sari TNI, Guntarti A. Wild Boar Fat Analysis in Beef Sausage Using FTIR Method (Fourier Transform Infrared) Combined with Chemometrics. *J Kedokt dan Kesehatan Indones*. 2018;9(1):16–23. <https://doi.org/10.20885/jkki.vol9.iss1.art4>
- [21]. Erwanto Y, Muttaqien AT, Sugiyono, Sismindari, Rohman A. Use of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Chemometrics for Analysis of Lard Adulteration in “Rambak” Crackers. *Int J Food Prop*. 2016;19(12):2718–25. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1143839>
- [22]. Hewavitharana GG, Perera DN, Navaratne SB, Wickramasinghe I. Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review. *Arab J Chem*. 2020;13(8):6865–75. <https://doi.org/10.1016/j.arabj.2020.06.039>
- [23]. Lestari D, Syamsul ES, Wirnawati, Syofyan S, Rohman A, Hamidi D. Authentication of Rattus Norvegicus Fat and Other Animal Fats Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (Gc-Ms) and Principal Component Analysis (Pca). *Int J Appl Pharm*. 2023;15(Special Issue 1):39–44. <https://doi.org/10.22159/ijap.2023.v15s1.47505>
- [24]. Vacawati WD, Kuswandi B, Wulandari L. Deteksi Lemak Babi dalam Lemak Ayam menggunakan Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) dan Kemometrik sebagai Verifikasi Halal. *AcademiaEdu*. 2013;1–6.
- [25]. Rohman A, Triyana K, Erwanto Y. Differentiation of lard and other animal fats based on triacylglycerols composition and principal component analysis. *Int Food Res J*. 2012;19(2).



Copyright © 2023 The author(s). You are free to share (copy and redistribute the material in any medium or format) and adapt (remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially) under the following terms: Attribution — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; ShareAlike — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)